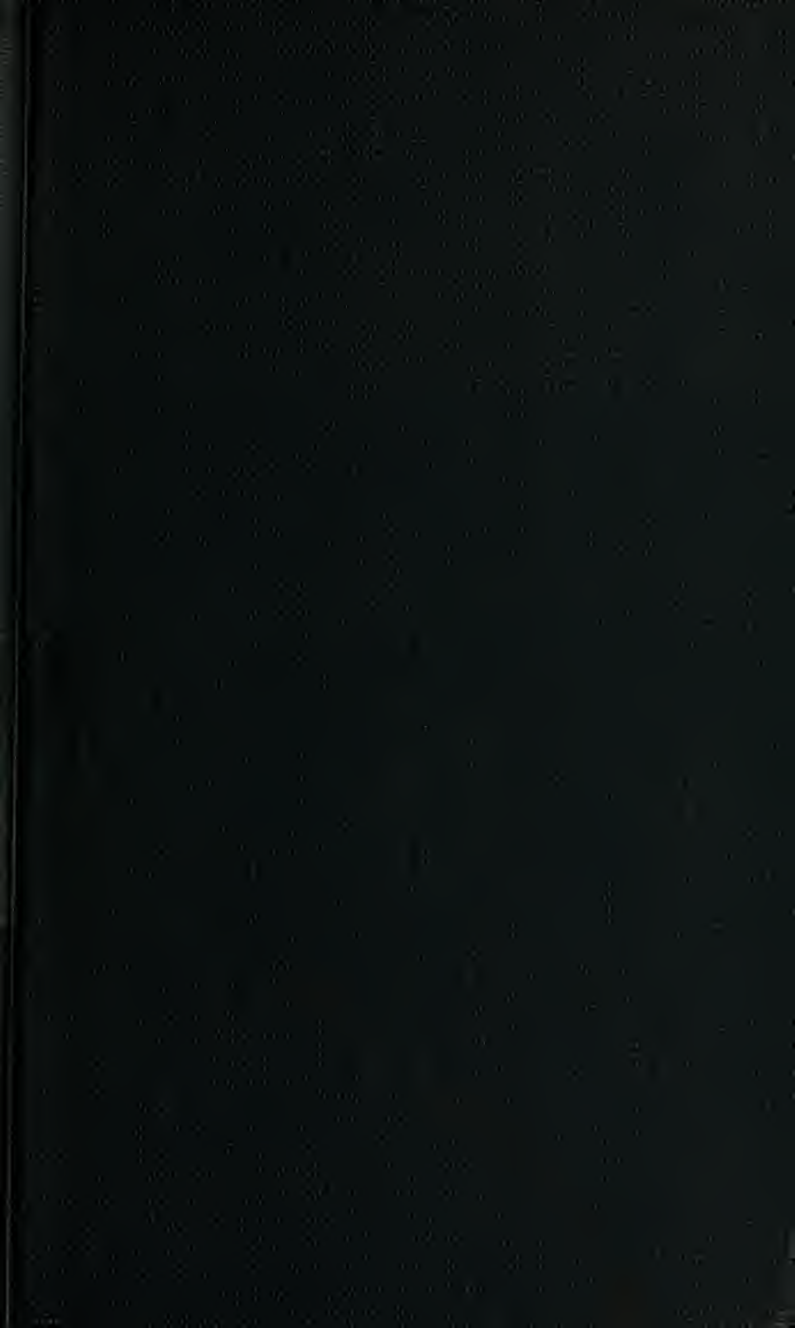
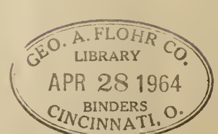



RECEIVED
MAY 7 - 1964


GEO. A. FLOHR CO.
LIBRARY
APR 28 1964
BINDERS
CINCINNATI, O.

BIBLIOTHÈQUE
DE PHILOSOPHIE CONTEMPORAINE

DESCARTES
SAVANT

PAR

GASTON MILHAUD

Professeur à la Sorbonne.

PARIS
LIBRAIRIE FÉLIX ALCAN
108, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, VIe

DESCARTES SAVANT

A LA MÊME LIBRAIRIE

DU MÊME AUTEUR :

Essai sur les conditions et les limites de la certitude logique (1 volume in-16).

Leçons sur les origines de la science grecque (1 volume in-8).

Le Rationnel (1 volume in-12).

Les Philosophes géomètres de la Grèce : Platon et ses prédécesseurs (1 volume in-8).

Le Positivisme et le progrès de l'esprit. Etude critique sur Auguste Comte (1 volume in-16).

Etudes sur la pensée scientifique chez les Grecs et chez les modernes (1 volume in-16).

Nouvelles études sur l'histoire de la pensée scientifique (1 volume in-8).

DESCARTES SAVANT

PAR

GASTON MILHAUD

Professeur à la Sorbonne

PARIS

LIBRAIRIE FÉLIX ALCAN

108, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 108

1921

DÉDICACE

A la mémoire de mon frère, Marcel Milhaud, commandant d'artillerie au début de la guerre, promu lieutenant-colonel le 8 *mai* 1915, *mort le* 28 *septembre* 1916 *des suites d'une grave maladie contractée sur le front, officier de la Légion d'honneur, décoré de la croix de guerre.*

Les documents officiels ont rendu hommage à son courage, à son sang-froid, à sa compétence technique, aux grands services qu'il a rendus : à ces documents je préfère pourtant ce témoignage de ceux qui l'ont vu à l'œuvre, témoignage qui, par suite des circonstances, n'est pas devenu citation officielle, mais qui résume avec le plus de vérité son rôle dans la guerre :

« *Officier supérieur distingué, actif, extrêmement dévoué, en octobre* 1914 *a assumé, en plus du commandement de son groupe, la tâche de lieutenant-colonel d'une artillerie divisionnaire; a installé, en pleine bataille, un grand nombre de batteries, se dépensant jusqu'à l'extrême limite de ses forces; a organisé avec des moyens précaires leur liaison avec l'infanterie, et pendant plusieurs semaines, coordonné heureusement leurs tirs avec nos contre-attaques; a ainsi contribué pour beaucoup à l'arrêt de la poussée allemande vers Cambrin et Vermelles.* »

AVERTISSEMENT

Parmi les études contenues dans cet ouvrage, quelques-unes sont inédites ; les autres ont paru dans la *Revue philosophique*, la *Revue de métaphysique*, la *Revue générale des Sciences* et *Scientia*. Lorsque Gaston Milhaud a été enlevé si brusquement, si prématurément, à la profonde affection de sa famille, de ses amis et de ses élèves, il avait décidé de réunir ces travaux sous le titre commun qui leur est donné, et qui avait été celui de ses cours à la Sorbonne en 1917 et 1918. Il avait même revisé, en vue de cette impression, le texte de ceux qui avaient déjà paru, et fixé l'ordre des chapitres : toutes les différences qu'on pourra relever entre le livre et les articles proviennent des corrections qu'il y a apportées lui-même.

Il avait aussi l'intention de consacrer à *Descartes savant* de nouvelles études, qui auraient peut-être pu constituer un second volume et qui auraient justifié plus complètement encore l'étendue de ce titre. On n'a pas cru cependant devoir y renoncer, ou même le modifier : car si l'ouvrage, tel qu'il paraît, n'épuise pas en extension la science cartésienne, il n'en marque pas moins très nettement, en particulier dans le chapitre XI, les caractères généraux qui en dominent tout l'ensemble.

Ce livre aurait été publié beaucoup plus tôt sans la crise si grave que traverse en ce moment la librairie scientifique et philosophique en France. Même aujourd'hui, ce n'est pas sans de grandes difficultés qu'il a pu paraître. Mais on a pensé qu'à moins d'empêchement absolu, on devait mettre à la disposition des étudiants et des hommes de science un ensemble de travaux si utiles, si nouveaux, et dont l'auteur réunissait à la pénétration d'un esprit supérieur, la double compétence professionnelle, actuellement si rare, d'un savant et d'un philosophe.

INTRODUCTION

LA QUESTION
DE LA SINCÉRITÉ DE DESCARTES

Les travaux publiés sur Descartes depuis le XVIIe siècle sont en nombre considérable ; je ne crois pas pourtant qu'ils fournissent les éléments d'une étude sérieuse et définitive de son œuvre scientifique. Il y a à cela bien des raisons.

Tout d'abord la plupart de ces travaux sont dus à des hommes qui, faute d'une compétence suffisante, n'ont guère pu porter des jugements personnels sur les problèmes traités par notre philosophe. En général, d'ailleurs, s'ils ont mentionné en passant tels ou tels détails empruntés à la *Géométrie*, ou à la *Dioptrique*, ou aux *Météores*, ou même à la *Correspondance*, — ils ont insisté sur les tendances mécanistes de la Physique de Descartes, sur l'élimination systématique des formes substantielles, des causes finales, etc., portant ainsi l'attention sur les caractères que Descartes lui-même eût jugés essentiels dans son œuvre, mais donnant en fin de compte peu d'informations précises sur ces contributions au développement des sciences positives.

En second lieu, reconnaissons-le : le ton sur lequel on a parlé du rôle scientifique de Descartes a été fort peu scientifique lui-même, et n'a pu atteindre, après bientôt trois siècles, la véritable impartialité que réclame l'Histoire.

D'un côté on se croit obligé à un panégyrique constant. De Baillet à Alfred Fouillée, en passant par Bordas-Des-

moulins, c'est la même note. Tout est parfait, tout est admirable dans les idées dont Descartes a enrichi les sciences humaines ; dans les disputes où nous le trouvons engagé avec quelques-uns de ses contemporains, c'est toujours lui qui voit juste. Le progrès naturel des idées semble parfois lui apporter un démenti : Newton, par exemple, semble réduire à néant une partie de sa Physique, comme Leibniz semble au moins corriger la Mécanique. — Erreur ! Tous ceux qui sont venus après lui n'ont fait que développer les germes nouveaux, qu'en initiateur, en créateur, il était venu répandre sur les ruines de la science antérieure... Ce n'est pas seulement la philosophie, c'est, dans tous les ordres d'idées, toute la science moderne qui est suspendue, comme à son premier anneau, aux recherches de Descartes.

Et, d'un autre côté, il faut voir la sévérité avec laquelle ces recherches sont appréciées par certains esprits qu'effraie la Métaphysique de leur auteur, depuis Voltaire jusqu'à M. Léon Bloch, ou par des historiens vraiment trop partiaux comme Poggendorf... Tous ne vont pas jusqu'à répéter avec Voltaire que les efforts de Descartes n'ont abouti qu'à retarder de cinquante ans le progrès de la Science humaine, — mais tous insistent sur l'insuffisance de ces efforts auxquels manquaient par trop les caractères de la vraie positivité (1).

Est-ce à dire qu'il ne s'est pas trouvé, pour apprécier les travaux scientifiques de Descartes, des hommes à la fois compétents et impartiaux ? Ce serait oublier les excellentes études de Bouasse et de Duhem sur quelques questions de mécanique, les notes dont Paul Tannery a enrichi la Grande Edition, les notes historiques et critiques de Pierre Boutroux sur la Géométrie analytique, et par-dessus tout, pour remonter plus haut, les précieuses indications de Montucla, dans son *Histoire des Mathématiques et de la Physique*, indications où ont si abondamment puisé les récents historiens des sciences. Du moins les premiers n'ont envisagé que quelques problèmes spéciaux. Tannery, dans ses notes variées, si instructives

(1) Comte fait ici exception : mais c'est dans la logique de son système.

fussent-elles, n'a pas songé non plus à parler, en un seul chapitre complet, d'une œuvre déterminée de Descartes. Et, quant à Montucla, outre que ses informations sont éparses dans son grand ouvrage, et qu'il faut les y chercher comme en un dictionnaire, il n'avait pas à sa disposition les moyens de travail que nous pouvons utiliser aujourd'hui (1).

Je ne crois donc pas faire œuvre inutile ou vaine en publiant cette série d'études. Elles n'épuisent pas le sujet. En particulier, le lecteur trouvera ici peu de réflexions sur les caractères généraux de la Physique cartésienne, sur la théorie des Tourbillons, sur le Mécanisme cartésien, sur l'extension systématique de ce mécanisme à la biologie. C'est que vraiment, en ce qui concerne ces conceptions générales, il m'a semblé que tout ce qui peut être ajouté d'intéressant, sous forme de commentaire, aux pages mêmes de Descartes, a été dit et redit cent fois... Je me suis borné à élucider les points les plus obscurs, ou tout au moins ceux sur lesquels une mise au point, sinon une appréciation nouvelle, était nécessaire, et je me suis attaché aux problèmes par lesquels Descartes pourrait le plus légitimement, quoi qu'il en eût pensé lui-même, réclamer une place fort honorable dans les progrès effectifs des sciences positives. Enfin, si je me suis préoccupé du lien qui relie ses travaux à sa pensée intégrale, j'ai eu à cœur de marquer aussi leur étroit rattachement aux efforts de ses prédécesseurs et de ses contemporains.

J'ai à peine besoin de dire avec quel profit j'ai utilisé la Grande Edition d'Adam et Tannery, et toutes les notes et tous les commentaires dont elle est pleine, en particulier le *Journal* de Beeckmann (Tome X), si riche en informations. Mais j'ai tâché aussi et surtout de comprendre Descartes lui-même, soit dans les textes publiés par lui, soit dans les écrits posthumes, soit dans sa Correspondance. Et si quelque nuance est à signaler dans ma manière de

(1) Je ne parle pas des beaux livres de Liard et de Hamelin, parce que, quoiqu'ils aient touché l'un et l'autre, et de la façon la plus intelligente, aux travaux scientifiques de Descartes, ils n'ont pas eu la prétention d'analyser l'œuvre, ni dans son ensemble, ni dans ses détails. Ils se sont bornés à envisager quelques-unes des grandes lignes, et ont voulu surtout marquer la place de la Mathématique ou de la Physique cartésienne dans le système intégral de la pensée du philosophe.

procéder ici, comparée à celle de la plupart des commentateurs, je dirai très simplement que je crois, plus sans doute qu'on n'y a cru jusqu'ici, à la sincérité de Descartes.

Expliquons-nous. Si pour reconstruire l'histoire de sa pensée, et en particulier l'origine de ses conceptions, on s'en fiait purement et simplement à ses affirmations, on risquerait souvent de faire fausse route. D'abord il n'a pas conscience, — en quoi il ressemble à beaucoup d'autres créatures humaines, — de l'apport dans son esprit du temps et du milieu où il vit, et il exagère son originalité à propos d'idées qu'a mûries le travail collectif de ses contemporains. Non seulement il ne voit pas alors tout ce qu'il reçoit du dehors, mais tout naturellement il croit pouvoir montrer comment y ont abouti ses efforts les plus personnels, comment l'y ont conduit, par exemple, sa Méthode ou sa Métaphysique. Ce sont là des constatations qu'il est permis de faire sans incriminer le moins du monde sa bonne foi.

Il est aisé, d'autre part, de noter un assez grand nombre de circonstances où Descartes volontairement ne donne pas sa pensée complète.

Tels sont d'abord les cas où il se refuse à indiquer au lecteur ou à quelque correspondant comment il est parvenu à d'intéressants résultats mathématiques. Ses lettres à cet égard fourmillent d'exemples. L'insistance du P. Mersenne ou de tel autre de ses amis le fait parfois sortir de sa réserve, comme pour les problèmes de la Cyloïde et pour les courbes de de Beaune, mais le plus souvent nous pouvons parcourir toute sa correspondance sans être renseignés sur les chemins qu'il a suivis. Dans tous ces cas, il nous le dit lui-même, il se refuse à donner des armes à ses rivaux, — à ceux par qui, à tort ou à raison, il se croit sans cesse provoqué, — en faisant connaître les méthodes qui lui ont servi.

Mais même quand il accompagne l'énoncé de quelque vérité d'une démonstration complète, il nous est permis de douter que celle-ci l'ait vraiment conduit à celle-là ; rien n'empêche, sans mettre en cause sa bonne foi, et quoiqu'il n'en dise rien lui-même, de supposer la démonstration construite après coup. On en trouvera un exemple saisissant à propos de la loi de la réfraction, et de la

démonstration qu'en donne la Dioptrique. Pas plus qu'à Fermat, il ne nous paraît admissible que la loi des sinus ait pu jaillir dans la pensée de Descartes d'une semblable démonstration, et on s'explique que la même impression produite sur la plupart des lecteurs ait été pour beaucoup dans l'accusation de plagiat, dont nous trouvons çà et là des traces aujourd'hui, quoiqu'elle ne me semble pas résister à un examen sérieux. Il sera permis, je crois, d'affirmer que Descartes a pu parvenir spontanément à sa loi par une autre voie que par sa trop fameuse démonstration, même si nous ne pouvons avec précision indiquer quelle est cette voie, — et qu'il a construit ensuite, pour y conduire les autres, le raisonnement à ses yeux le plus simple et le plus objectif. Cela sera permis, dis-je, sans qu'on ait le droit de contester sa sincérité.

Et enfin, dans cet ordre d'idées, il faut bien accepter, quand il a pris la résolution de voyager, pour lire dans le grand livre du monde, quand son principal souci est de tirer des enseignements des hommes et des choses qui passent dans ses yeux, il faut bien accepter que cette préoccupation reste au fond de son esprit, et que rien ne la décèle dans son attitude, dans ses conversations, dans ses occupations, dans les fonctions qu'il est amené à remplir. N'est-ce pas là le sens de ces mots consignés par lui dans ses notes intimes :

« Ut comœdi, moniti ne in fronte appareat pudor, personam induunt, sic ego, hoc mundi theatrum conscensurus, in quo hactenus spectator exstiti, larvatus prodeo (1). »

On a voulu parfois s'appuyer sur ce texte pour montrer que Descartes, de son propre aveu, n'hésite pas à déguiser sa pensée, dans l'expression qu'il en donne. Tout cependant tend à faire remonter cette réflexion aux années de jeunesse, et tout particulièrement aux jours où, engagé volontaire dans les armées du duc de Nassau ou du prince de Bavière, il peut sembler au premier venu tout absorbé par des fonctions militaires — quand sa véritable pensée est ailleurs. — Parmi les notes au milieu desquelles se

(1) *Cogitationes privatæ*. Adam et Tannery. t. X. p. 213.

trouve cette phrase, il en est une qui vise, à propos de la pression des liquides sur le fond des vases, un entretien récent avec Beeckmann ; nous avons la date de cet entretien par le journal du savant hollandais : il remonte à l'hiver 1618-1619. — D'autres sont des essais de résolution d'équations du 3e degré. Par leurs notations cossiques, et par leur nature, elles correspondent exactement à ce que dit Descartes à son ami dans sa lettre du 26 avril 1619. — D'autres enfin sont des pensées sur les poètes et sur les « choses Olympiques » qui se retrouvent, d'après le résumé qu'en donne Baillet, dans les *Olympica*, manifestement rédigé vers la fin de 1619. — Ailleurs encore, nous retrouvons sur la prétendue loi de la chute des corps des idées que Descartes expose à Beeckmann dans un mémoire de la même année... Et alors, si notre interprétation du texte cité semble naturelle, il ne peut encore aboutir qu'à nous montrer, dans des circonstances particulières, notre philosophe ne se livrant pas tout entier, ce qui ne saurait se confondre avec un manque de sincérité.

Ces remarques faites, et tout malentendu de ce côté étant écarté, d'où pourrait nous venir, au sujet de Descartes, le soupçon de mauvaise foi ? Disons-le tout de suite, il est difficile à un historien des sciences de ne pas se laisser plus ou moins impressionner par les innombrables accusations de plagiat qui ont commencé à se produire de son vivant, et qui n'ont fait ensuite que s'aggraver. De son vivant, les accusateurs sont des savants qui, pour la plupart, ont maille à partir avec lui, comme Roberval ou comme Beaugrand, et à la rigueur on pourrait penser que l'âpreté des querelles, les coups qu'ils reçoivent eux-mêmes de Descartes, leur ont mis un bandeau sur les yeux. Mais que dire quand, après sa mort, il s'agit de savants comme Vossius ou comme Christian Huygens ; quand il s'agit de Newton et de Leibniz, pour ne citer que les principaux noms ? Le fait est qu'à force d'entendre répéter que la loi des sinus a été volée à Snellius, que l'explication de l'arc-en-ciel a été empruntée à de Dominis, que l'essentiel de la théorie des équations vient de Harriot ou de Viète, etc..., on s'est habitué à admettre sans discussion qu'il y a en tout ceci une part de vérité. Et il n'est pas rare de voir ceux mêmes qui apprécient et

nous font apprécier le mieux la valeur des travaux scientifiques de Descartes laisser apparaître çà et là, en ce qui concerne sa bonne foi, des réserves, auxquelles d'ailleurs il ne semblent pas ajouter une importance extrême, comme si c'était là chose entendue, et qui en même temps ne vaut guère la peine qu'on s'y arrête.

Et cependant, exception faite de la question Snellius, à l'origine de laquelle se trouve du moins un fait positif, signalé par Vossius et par C. Huygens (le manuscrit hollandais contenant l'énoncé de la loi de la réfraction aurait passé sous les yeux de Descartes), — fait positif dont la date, aujourd'hui soupçonnée, détruit toute l'importance, — je ne connais pas une seule accusation s'appuyant sur d'autres preuves que la ressemblance des résultats. Or, s'il est une leçon qui se dégage avec quelques netteté de l'Histoire des Sciences, c'est la constatation d'une sorte de courant, dominant plus ou moins, à une époque, les recherches individuelles, et qui, tout en se formant de la variété indéfinie des efforts des savants, les conduit aux mêmes vérités.

Sans doute, pour comprendre la possibilité de semblables rencontres, on dit supposer deux sortes de conditions également indispensables. D'une part, chez les savants eux-mêmes, il faut admettre des dispositions, qui s'adaptent avec une certaine aisance au mouvement naturel des sciences qu'ils étudient, un tempérament de géomètre, ou de physicien, ou de naturaliste, spontanément impressionné par les suggestions les plus délicates, les moins apparentes pour le vulgaire. Disons tout de suite, comme nous serons amenés à le constater dans ces études, que ce fut à un degré qu'on ne soupçonne pas assez, le cas de Descartes. D'autre part, il faut un milieu à travers lequel se propagent les idées. Il suffit de lire la correspondance de Descartes et du P. Mersenne pour sentir à quel point ce milieu se trouve constitué autour de notre philosophe, bien avant l'existence des points de concentration que devaient être les Sociétés savantes et les Revues. Nous imaginons sans peine ce que pouvaient être, à côté de ces échanges de lettres, les conversations familières avec les savants français ou hollandais : un échantillon nous en est, du reste, fourni par le *Journal* de Beeckmann. Puis

2

il y avait les livres. Sans parler de ceux des anciens, on sait l'admiration que témoigne Descartes pour ceux de Harvey et de Kepler ! A quoi bon vouloir en outre qu'il ait connu par leurs écrits tous les travaux de ses prédécesseurs immédiats ou de ses contemporains, quand il nous dit lui-même qu'il ne les a jamais vus, ou quand nous pouvons constater, aux aveux que contiennent ses lettres, de quel œil distrait il parcourt ceux qu'on lui communique ? Ce qui pouvait avoir pénétré jusqu'à lui du travail collectif des savants, par les seules habitudes intellectuelles dont il avait composé sa vie, était suffisant pour amener son esprit, qui y était si naturellement disposé, à rejoindre et souvent dépasser le mouvement spontané de la science de son temps. S'il est vrai, comme nous l'avons déjà dit, qu'il n'avait pas en lui-même conscience de cette action extérieure, et qu'il ait plus d'une fois exagéré l'originalité de ses découvertes, — c'est par la même erreur, par la méconnaissance de ce même courant, que ses accusateurs, comme Leibniz, ont été si souvent conduits à parler de plagiat. Et pourtant, puisque nous avons prononcé le nom de celui dont le réquisitoire contre Descartes a été le plus sévère, comment celui-là a-t-il pu oublier les injures dont l'accablaient lui-même les amis trop zélés de Newton, incapables d'expliquer autrement que par un vol ses travaux sur le Calcul infinitésimal, faute de saisir le mouvement naturel qui, chez les Mathématiciens du XVIIIe siècle, devait normalement y aboutir ?

Moins graves sans doute, mais tout de même assez troublantes pour qui s'interroge sur la sincérité de Descartes, sont les allusions si fréquentes de ses commentateurs à ses habiletés, à son souci exagéré de prudence, aux formules ou même aux théories qui ne seraient de sa part que simples précautions, soit pour écarter quelque ennemi, soit pour faire mieux accepter telle partie, plus importante à ses yeux, de son système. Les exemples abondent chez les historiens de la pensée cartésienne : c'est une première raison pour que nous n'ayons pas besoin d'entrer ici dans les détails. Mais il en est une seconde, beaucoup plus sérieuse : c'est que de semblables soupçons impliquent ordinairement une certaine interprétation du système, laquelle à son tour suppose *a priori* une confiance très

limitée dans la sincérité de Descartes. Or, c'est justement cette dernière supposition que je ne juge pas nécessaire.

Il faut ici pourtant faire une exception. Il est des cas où l'attitude de notre philosophe semble exclure nettement l'hypothèse d'une franchise parfaite : c'est quand il se trouve aux prises avec quelque problème touchant de près ou de loin aux controverses religieuses, quand par exemple, pour citer tout de suite le cas le plus grave, il veut faire prévaloir, dans les *Principes*, la formule de l'immobilité de la Terre. Si une fois, une seule, il était prouvé que le savant qu'était Descartes a sacrifié la vérité scientifique au souci de sa tranquillité, s'il s'était rendu coupable de cette lâcheté, comme semblent n'en avoir pas douté ceux mêmes qui ont eu le plus à cœur de le glorifier, Millet par exemple, — aucune raison ne serait plus valable pour justifier ailleurs notre croyance à sa bonne foi. — Et c'est pourquoi, loin d'observer ici un silence prudent, ou de jeter comme tant d'autres un manteau pudique sur cette faiblesse du grand penseur, il nous faut voir de près en quoi consiste au juste le mensonge tant de fois dénoncé.

Les thèses entre lesquelles le procès de Galilée avait marqué le conflit aigu étaient, d'une part, celle de Copernic, d'après laquelle la Terre est une planète, et les planètes ont chacune un double mouvement autour de son axe et autour du soleil ; — l'autre, celle de Ptolémée, ou, si l'on veut, celle de la *Bible* et d'Aristote, d'après laquelle la Terre reste immobile au centre de la sphère céleste qui fait, chaque jour, un tour complet sur son axe, tandis que le soleil accomplit autour de la terre sa révolution en un an. Ce qui avait donc été condamné en 1633, c'était l'assimilation de la Terre aux planètes, et l'affirmation de son double mouvement ; — ce qui seul avait été déclaré orthodoxe c'était le maintien pur et simple de la vieille croyance à l'immobilité et à la fixité de la Terre au centre du monde.

Descartes, quand il a écrit son *Monde*, c'est-à-dire avant le procès de Galilée, n'a pas hésité à adopter la thèse copernicienne ; il y a joint son explication générale de la formation du système solaire, en faisant du Soleil et des planètes, parmi lesquelles il rangeait la Terre, des centres de tourbillons dans des conditions telles que chaque planète est entraînée par la matière de son « ciel » à tourner

à la fois sur son essieu et autour du soleil. Mais l'arrêt de Rome a empêché la publication de l'ouvrage, et c'est plus tard, quand vont paraître les *Principes*, que se pose la terrible question : comment faire accepter par Rome l'adhésion formelle à l'astronomie de Galilée, aggravée d'ailleurs par la prétention d'expliquer mécaniquement la formation des planètes ? L'explication est, il est vrai, donnée comme une construction rationnelle qui à la rigueur pourrait ne pas répondre à la réalité. Mais cette précaution pourra-t-elle suffire ?

En deux mots, Descartes résout la difficulté en intercalant dans l'exposé de son système une définition du mouvement déterminé d'un corps, par opposition aux multiples mouvements qu'on peut concevoir en lui, définition qui permet de dire : la Terre qui tourne autour de son essieu et qui tourne autour du soleil, n'a pourtant pas de mouvement déterminé, ou de mouvement propre.

C'est au second livre des *Principes* que sont posées les définitions relatives au mouvement. « Un corps... peut participer à une infinité de mouvements, en tant qu'il fait partie de quelques autres corps qui se meuvent diversement. Par exemple, si un marinier se promenant dans son vaisseau porte sur soi une montre, bien que les roues de sa montre aient un mouvement unique qui leur soit propre, il est certain qu'elles participent aussi à celui du marinier qui se promène, parce qu'elles composent avec lui un corps qui est transporté tout ensemble ; il est certain aussi qu'elles participent à celui du vaisseau, et même à celui de la mer, parce qu'elles suivent son cours, et à celui de la Terre, si on suppose que la Terre tourne sur son essieu, parce qu'elles composent un corps avec elle : et bien qu'il soit vrai que tous ces mouvements sont dans les roues de cette montre, néanmoins, parce que nous n'en concevons pas ordinairement un si grand nombre à la fois, et que même il n'est pas en notre pouvoir de connaître tous ceux auxquels elles participent, il suffira que nous considérions en chaque corps celui qui est unique et dont nous pouvons avoir une connaissance certaine » [31].

Que sera ce mouvement unique ?

La définition qui semble offrir le sens commun, l'action

par laquelle un corps passe d'un lieu dans un autre, ou plus simplement encore son transport d'un lieu dans un autre ne saurait convenir ; car, nous ne pouvons parler du lieu d'un corps que relativement à d'autres « que nous considérons comme immobiles, et, selon que ceux que nous considérons ainsi sont divers, nous pouvons dire qu'une même chose en même temps change de lieu et n'en change point. Par exemple, si nous considérons un homme assis à la poupe d'un vaisseau que le vent emporte hors du port, et ne prenons garde qu'à ce vaisseau, il nous semblera que cet homme ne change point de lieu ;... et si nous prenons garde aux terres voisines, il nous semblera aussi que cet homme change incessamment de lieu ;... si outre cela, nous supposons que la Terre tourne sur son essieu, et qu'elle fait précisément autant de chemin du couchant au levant, comme ce vaisseau en fait du levant au couchant, il nous semblera derechef que celui qui est assis à la poupe ne change point de lieu, parce que nous déterminerons ce lieu par quelques points immobiles que nous imaginerons être au ciel » [13].

Et dès lors, si nous voulons attribuer au mouvement une nature unique, déterminée, il nous faut renoncer à la définition qui le fonde sur l'usage vulgaire, et dire, selon la vérité, « qu'il est le transport d'une partie de la matière ou d'un corps du voisinage de ceux qui le touchent immédiatement et que nous considérons comme en repos, dans le voisinage de quelques autres » [25].

Ces réflexions n'ont plus qu'à s'appliquer à la Terre qui repose sur son ciel, comme le voyageur sur le bateau qui le transporte, et alors son mouvement déterminé ou son mouvement propre n'existe plus. Le III[e] livre des *Principes*, après avoir fait cette remarque, expose tout au long le système des tourbillons, tel que Descartes l'avait conçu jadis. Sans plus de gêne qu'il n'en avait en écrivant le *Monde*, il pose tous les éléments de l'Astronomie de Copernic et de Galilée, complétés par sa théorie mécanique de la formation de l'ensemble planétaire, dont la Terre n'est qu'un élément semblable aux autres.

Telle est l'attitude de Descartes en 1644. La première impression qui s'en dégage, est qu'il y a là un enfantillage

à peine digne d'un penseur tel que lui. La convention qui lui permet de lever tout scrupule a beau porter uniquement sur le langage, et lui permettre de maintenir tous les détails de la thèse condamnée, ne semble-t-elle pas tomber du ciel juste à point pour tromper la vigilance de Rome ? Se justifie-t-elle par quelque raison sérieuse ? Est-ce que vraiment le déplacement d'un corps par rapport à ceux qui le touchent se distingue des autres par un caractère tel qu'il puisse de préférence à tous être appelé le mouvement propre du corps ? Et y a-t-il autre chose ici qu'une définition purement arbitraire ?

Mais ce qui importe, en ce qui concerne cette définition, ce n'est pas notre sentiment, c'est celui de Descartes. Or, si étrange que cela puisse paraître, j'ai l'impression qu'il prend tout à fait au sérieux sa théorie du mouvement et toutes les définitions qu'elle implique, telles que nous les trouvons exposées au second livre des *Principes*. Et je ne suis pas le seul : Hamelin, citant ces pages, ne songe pas le moins du monde à s'en étonner (1). Au reste, si nous nous reportons à la rédaction du *Monde*, quoique Descartes ait accepté jadis sans hésitation de voir dans le mouvement un simple changement de lieu, et n'ait en aucune façon senti le besoin des distinctions que nous trouvons dans les *Principes*, n'a-t-il pas semblé ajouter déjà une certaine importance à ce que la Terre, telle qu'il la présente dans son système, n'ait point d'autre mouvement que celui qui lui vient de son tourbillon ? Il n'était pas encore question pour lui d'éviter par ses formules les colères de Rome, mais bien d'établir la supériorité de sa théorie astronomique sur les autres. Et il avait à cœur d'observer qu'en abandonnant la Terre simplement au cours du ciel qui l'enveloppe, au lieu de la laisser se mouvoir autrement, il répondait à des objections bien connues. « Et vous pouvez entendre de ceci, écrivait-il à la fin du chapitre sur la pesanteur (ch. XI), que les raisons dont se servent plusieurs philosophes pour réfuter le mouve-

(1) *Le système de Descartes*, p. 318. Quelques lignes plus bas, il est vrai, Hamelin déclare qu'on a bien le droit de choisir comme repère les corps immédiatement voisins de celui qui se meut : je ne sais s'il a bien vu que pour Descartes ce choix n'est pas arbitraire.

ment de la vraie Terre, n'ont point de force contre celui de la Terre que je vous décris ; comme lorsqu'ils disent que si la Terre se mouvait, les corps pesants ne devraient pas descendre à plomb vers son centre, mais plutôt s'en écarter çà et là vers le ciel et que les canons pointés vers l'occident devraient porter beaucoup plus loin qu'étant pointés vers l'orient, et que l'on devrait toujours sentir en l'air de grands vents et ouïr de grands bruits, et choses semblables, qui n'ont lieu qu'en cas qu'on suppose qu'elle est mue par quelque autre force et en quelque autre sens que ce ciel. »

En 1644, l'idée est assurément quelque peu différente ; mais ne se rattache-t-elle pas à l'ancienne ? L'absence de toute action propre laissée à la Terre indépendamment de son ciel, qui pouvait rassurer les savants, en faisant tomber certaines objections courantes contre la thèse copernicienne, peut également rassurer les autorités religieuses et au fond pour la même raison : rien ne se produit par un mouvement propre de la Terre, les seules conséquences de ses déplacements sont celles du mouvement de son ciel. Celui-ci supprimé, la Terre resterait immobile.

Cela implique, il est vrai, que le mouvement reste inséparable dans la pensée de Descartes de quelque action, tandis qu'il s'efforce dans les *Principes* de le réduire à un simple transport, c'est-à-dire à une simple variation de distances. Mais en le lisant de près, on voit bien, comme le note justement Hamelin, qu'à cet égard, la confusion subsiste dans son esprit. Songeons d'ailleurs, si ces confusions d'une part, et ces distinctions trop subtiles d'autre part, nous jettent dans quelque étonnement, songeons que la science du mouvement n'est pas encore constituée, et que c'est de ces premiers tâtonnements qu'elle commencera à se dégager. Pour ce qui concerne en particulier la distinction cartésienne du mouvement déterminé d'un corps, n'est-il pas curieux de constater que cent ans plus tard, lorsque Kant voudra essayer de voir clair dans le fameux conflit qui devait séparer cartésiens et leibniziens au sujet de la force vive, sa tentative de conciliation reposera principalement sur la distinction de deux sortes de mouvement, dont l'un diffère de l'autre par le simple

fait que le mobile est simplement porté ou poussé par un corps contigu, au lieu d'être isolé dans son déplacement ?

Ainsi, il nous faut accepter que la théorie du mouvement telle que la donne les *Principes*, traduise la pensée de Descartes. Il importe moins alors qu'arrivé au troisième livre, on soit quelque peu choqué par le zèle que met notre philosophe à insister sur certaines formules, et à déclarer que seule sa conception respecte l'immobilité de la Terre.

D'ailleurs, ces exagérations restent, pour le lecteur, en marge de l'exposé du système ; elles n'entraînent le sacrifice d'aucune parcelle de la théorie astronomique de Descartes. Et, d'autre part, ce serait une erreur de croire qu'elles risquent de tromper la bonne foi des autorités romaines et de fermer les yeux sur des conceptions, dont la hardiesse est à peine diminuée par leur caractère hypothétique. La *Correspondance*, à la veille de la publication des *Principes*, laisse supposer que de véritables négociations s'engagèrent à Rome par l'intermédiaire d'amis de notre philosophe. Et il n'est pas impossible d'imaginer quel était l'état d'âme de celui qui avait joué le principal rôle dans l'arrêt de 1633, je veux dire d'Urbain VIII, quand le P. Dinet reçut Descartes, et probablement soumit en haut lieu le plan et la substance de l'ouvrage. Personnellement, Urbain VIII ne devait pas être tellement hostile aux idées nouvelles. Lorsqu'il s'appelait encore le cardinal Barberini, tout en présentant des objections à Galilée, il avait amicalement accueilli ses confidences. Sa colère n'avait commencé que quand, devenu pape, il avait compris tout à coup que Galilée s'était joué de Rome, en laissant le dernier mot, dans ses *Dialogues*, au ridicule personnage de Simplicius, défenseur de la thèse classique, et surtout quand il avait cru se reconnaître dans ce personnage. Depuis onze ans, la colère du vieillard avait eu le temps de s'apaiser. Il fallait seulement, et cela était de toute nécessité, sauver les apparences, et donner satisfaction à l'amour-propre des autorités romaines. La théorie savante de Descartes sur la nature du mouvement pouvait merveilleusement s'y prêter pourvu qu'elle se traduisît en formules précises et claires pour tous... L'accord, à cette condition, dut être prompt à se faire, car l'ouvrage paraissait quelque temps après.

Et tout compte fait alors, la question ne m'apparaît plus avoir la gravité qu'on a cru et que j'ai cru moi-même longtemps devoir lui accorder. On ne saurait en tirer argument contre la bonne foi ordinaire de Descartes.

Au surplus, si nous ne trouvons pas de raisons sérieuses de douter de sa sincérité, n'avons-nous pas des raisons positives d'y croire ? Ne sommes-nous pas frappés, quand nous lisons ses écrits, et plus particulièrement sa correspondance, où se reflète le mieux son âme, de ses qualités de clarté, de fermeté, de précision ? Il n'est pas rare, s'il fait allusion à quelque incident de sa vie, découverte intéressante, publication d'un livre, etc., qu'il en rappelle la date. Nous pouvons parfois en vérifier directement la justesse, comme lorsque, dans la préface des *Principes*, il parle de la publication des *Essais* ou des *Méditations*. Ce sont là des détails, mais ces habitudes de précision et d'exactitude sont peu compatibles avec une pensée qui fuit ou qui se dissimule trop aisément. Il aimait à se cacher lui-même, à éviter les distractions mondaines, les conversations inutiles, tout ce qui risquait de troubler ses recherches, ses méditations ; mais sa correspondance est là pour montrer qu'il n'a jamais hésité à répondre aux innombrables questions qui lui ont été posées. Au reste, par-dessus tout, à travers ses querelles, ses accès de mauvaise humeur et de susceptibilité exagérée, comme à travers les dissertations les plus sereines, ce qui frappe le lecteur c'est qu'il prend toujours tout au sérieux. Et ce trait de son caractère, qui écarte naturellement tout soupçon de comédie, ne se dégage-t-il pas pour un observateur attentif, du portrait si vivant de Franz Halz ?

Enfin, je peux ne pas savoir analyser toutes les raisons d'une impression que j'éprouve de plus en plus vive en lisant et relisant Descartes. Je me dois et je lui dois, en tous cas, d'en tenir compte dans ces études, et la méthode à laquelle elle me conduit aura au moins le mérite de la simplicité. Quand dans les querelles plus ou moins passionnées où nous le verrons engagé, celle que provoque par exemple avec Fermat le problème des tangentes, nous aurons quelque peine à comprendre son attitude, nous écarterons *a priori* l'hypothèse de mauvaise foi. Quand il nous donnera sur sa vie ou sur sa pensée des détails rela-

tifs à des faits plus ou moins corrects, échappant par leur nature aux erreurs inconscientes d'appréciation auxquelles j'ai fait allusion plus haut. — quand, pour citer un exemple précis, nous nous trouverons en présence du récit historique du *Discours*, — nous admettrons qu'il est exact. Quand nous rencontrerons des affirmations du genre de celles-ci : je ne connais pas tel savant, je n'ai jamais lu tel ouvrage, nous accepterons le fait comme acquis. Et ainsi de suite. En d'autres termes, pour étudier l'œuvre scientifique de Descartes, nous rendrons aux textes de Descartes lui-même toute leur valeur, comme source essentielle d'information.

CHAPITRE PREMIER

LES PREMIERS ESSAIS SCIENTIFIQUES DE DESCARTES

Grâce à la publication du Journal de Beeckmann (tome X de la grande édition, Adam et Tannery, des œuvres de Descartes), nous connaissons les premières recherches auxquelles s'est exercé Descartes, pendant l'hiver de 1618-1619, quand il n'avait encore que vingt-deux ans. Nous savons aujourd'hui comment, parti pour rejoindre en Hollande l'armée amie du prince de Nassau, il se laissait surtout séduire par les questions de tout ordre (Mathématique, Physique, Mécanique, Musique...) que lui soumettait l'esprit alerte et curieux de Beeckmann. Sans nous arrêter au conte, trop bien construit peut-être, par lequel Baillet explique la rencontre des deux hommes, nous ne pouvons plus douter en tout cas qu'une étroite amitié ne les aït unis, qu'ils aient eu pendant quelques mois des entretiens très fréquents, et que Descartes ait dû (comme il le dit lui-même d'ailleurs [1]) aux incitations de son ami de fixer définitivement sa pensée sur quelques problèmes importants. Le Journal de Beeckmann nous offre, pour nous guider dans l'étude de ces premiers essais, tantôt les réflexions de Beeckmann, tantôt la copie très précieuse de pages rédigées par Descartes lui-même, tantôt enfin la correspondance échangée par les deux amis. Ajoutons que les *Cogitationes privatæ* — c'est-à-dire les inédits publiés jadis par Foucher de Careil, et dont le tome X de la grande édi-

(1) Ad. et T., t. X, p. 162.

tion nous donne un texte corrigé — nous permettent de jeter çà et là quelque lumière sur ces recherches de Descartes. Je détacherai, de l'ensemble des questions que mentionne le « Journal », les problèmes de la chute des corps et de la pression des liquides contenus dans des vases, le traité de musique, et enfin les recherches de Mathématiques pures, tantôt me contentant de quelques remarques, tantôt poussant plus à fond l'analyse, et en tout cas cherchant à saisir sur le vif, avant ce qu'on pourrait appeler l'attitude dogmatique de Descartes, quelques traits essentiels de sa pensée scientifique.



En novembre ou décembre 1618, Beeckmann avait interrogé Descartes sur la loi de la chute des corps dans le vide. Son journal contient deux réponses à la question : l'une, rédigée par Descartes lui-même, l'autre rédigée par Beeckmann, d'après sa conversation avec le jeune Français. Il est tout naturel de se reporter d'abord à la première.

Puisque, dit en substance Descartes, on imagine à chaque instant s'ajouter une force nouvelle qui entraîne la pierre dans sa chute, cette force croît de la même manière que les lignes transverses *d e*, *f g*, *h i*..., et toutes celles en nombre infini que l'on tracera entre celles-ci (fig. 1). Pour le démontrer, soit le carré *a l d e* représentant le premier minimum de mouvement ou le premier point de mouvement ; les rectangles *d m g f*, *f o i h*, etc., formés de deux, de trois,,, carrés égaux, représenteront les forces du second, du troisième... minimum de mouvement. La somme des triangles *a l e*, *e m g*, etc., situés au delà de la droite *a c* tend manifestement vers zéro, quand on choisit pour le minimum de mouvement un carré de plus en plus petit. Par suite, quand la pierre tombe de *a* vers *b*, les mouvements successifs (ou les forces qui y correspondent) sont entre eux comme les parallèles à *b c* comprises entre les côtés *a b*, *a c* du grand triangle. La partie *f b* est parcourue trois fois plus vite que la partie *a f*, parce que la pierre est entraînée par une force trois fois plus grande,

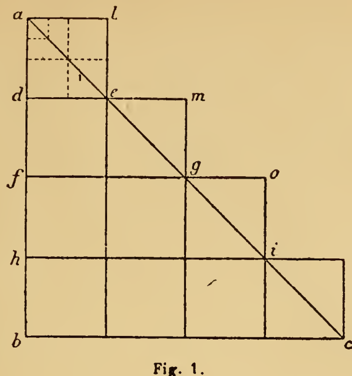


Fig. 1.

ce qui résulte de ce que la surface *f g c b* vaut trois fois la surface *a f g* (1).

J'ai résumé le texte, mais je n'ai rien changé, dans cette traduction rapide, ni à la suite des idées, ni au sens des expressions essentielles. Et alors il n'est vraiment pas exagéré de dire que la lecture de cette démonstration est quelque peu déconcertante. C'est l'espace parcouru, et non le temps, on l'a remarqué, qui est la variable indépendante ; et les fonctions que représentent les parallèles à *b c* sont les intensités successives du mouvement ; ce sont des forces, puis, à la fin, des vitesses. En somme Descartes, comme Galilée en 1604 (2), pose, dans le mouvement accéléré de la chute, la proportionnalité des vitesses aux espaces parcourus, ce qui après tout n'était pas absurde *a priori*. Puis il intègre les forces ou, ce qui revient au même pour lui, les vitesses ; il voit que la vitesse pour tout l'espace *f b* est trois fois plus grande que la vitesse correspondant à *a f*, ce qui lui donne pour la loi cherchée : de deux espaces consécutifs égaux, le second est parcouru dans trois fois moins de temps que le premier. C'est du moins la forme sous laquelle nous retrou-

(1) Ad. et T., t. X, p. 75.

(2) Cf. P. Duhem : Etudes sur Léonard de Vinci. 3e série : Les prédécesseurs de Galilée, chap. XXXI.

verrons plusieurs fois l'énoncé sous sa plume. Il est à peine besoin de faire observer que cet énoncé ne revient nullement au même que celui de la loi véritable, que Galilée connaissait, en dépit de sa mauvaise démonstration, dès 1604. Si l'on en doutait, il suffirait de constater que, si t et t' sont les temps correspondants aux espaces e et $2e$, on devrait avoir pour Descartes $t' = \frac{4}{3} t$, au lieu de $t' = t \sqrt{2}$.

Mais qui ne sent, en lisant la démonstration de Descartes, qu'avec quelques changements dans le texte, et en conservant la même figure, comme à peu près les mêmes considérations mathématiques, on substituerait aisément des idées claires aux notions confuses, et à la conclusion inexacte, l'énoncé exact de la loi de la chute des corps dans le vide ? Il suffirait de voir dans la verticale *ab* l'axe des temps, et non plus des espaces, dans les horizontales les vitesses, enfin dans les aires *a f g*, *f b c g*, des quantités proportionnelles aux espaces parcourus, et l'on aboutirait clairement à cette conclusion que l'espace parcouru dans le deuxième instant est le triple du premier. C'est au fond la démonstration que donnera plus tard Galilée (1). Mais, ô surprise, c'est alors justement et exactement celle que Beeckmann rédige lui-même sur son Journal, pour transcrire celle qui s'est dégagée pour lui de son entretien avec Descartes (2) ! Est-ce donc que celui-ci, en exprimant lui-même sa propre pensée, l'aurait inconsciemment trahie au point de ne nous offrir qu'une série de confusions ? Ou bien tenons-nous dans cette rédaction la vraie pensée de Descartes, et est-ce Beeckmann qui l'a corrigée spontanément et instinctivement, sans même voir (car il l'aurait notée) la différence des deux démonstrations ?

Si curieux que cela doive paraître, je n'hésite pas à opter pour cette dernière hypothèse.

Si on lit de près le Journal de Beeckmann, on est conduit à supposer que la bonne démonstration est donnée par celui-ci, non pas comme due entièrement à Descartes, mais à la collaboration des deux amis : l'auteur du Journal ayant fourni les principes physiques, les conditions

(1) Cf. P. Duhem : *Idem.*
(2) Ad. et T., t. X, p. 58.

concrètes du problème, Descartes la partie proprement mathématique.

Après avoir, en effet, exposé la suite d'idées très rigoureuses qui conduit à formuler la loi de la chute des corps dans le vide, Beeckmann dit bien : « Hæc ita demonstravit Mr Peron » (c'est-à-dire Descartes), mais il ajoute : « Cum ei ansam præbuissem rogando an possit quis scire quantum spacium res cadendo conficeret unica hora, cum scitur quantum conficiat duabus horis, *secundum mea fundamenta* (1), viz. quod semel movetur, semper movetur in vacuo, et supponendo inter terram et lapidem cadentem esse vacuum. » Descartes a donc eu à résoudre le problème d'après des données fournies par Beeckmann. Ces données se réduisaient-elles aux deux conditions ici énoncées ?... Au commencement de sa propre rédaction, Descartes dit : « In proposita quæstione ubi imaginatur singulis temporibus novam addi vim... » C'était assurément Beeckmann qui avait ainsi imaginé qu'à chaque moment du temps s'ajoute une force nouvelle. D'abord ce principe semble être un complément naturel de l'autre, d'après lequel ce qui se meut dans le vide continue indéfiniment à se mouvoir ; mais il y a plus : en quelques lignes de son Journal qui précèdent la démonstration en question et où il ne nomme pas encore Descartes, Beeckmann s'exprime ainsi : « Si on suppose le vide, voici comment les choses tendent vers le centre de la terre ; au premier moment l'espace est ce qu'il peut être, étant donnée l'action de la terre ; au second moment un nouveau mouvement de traction s'ajoute, de sorte que l'espace est double du premier ; puis il est triple, etc. (2) » Un renvoi placé à la fin de ces lignes y fait bien correspondre la démonstration qui suivra sur le Journal, mais la distribution du tout en deux morceaux séparés semble répondre à la distinction des données du problème et de sa solution. Enfin, s'il fallait une autre preuve que l'hypothèse imaginée, comme dit Descartes, d'après laquelle il va traiter la question, appartenait bien à Beeckmann, c'est que Descartes ne tardera pas, nous allons le voir dans un instant, à la reje-

(1) C'est moi qui souligne.
(2) Ad. et T., t. X. p. 58.

ter, du moins en tant que la force nouvelle ajoutée à chaque moment était considérée comme constante.

Ainsi les *fundamenta* étaient de Beeckmann. Et ce n'est pas tout. Celui-ci, par sa manière de poser la question, ne donnait-il pas une indication que Descartes a eu grand tort de ne pas suivre ? Il ne demandait pas quelles durées correspondent aux espaces successifs, mais bien l'inverse, c'est-à-dire qu'il prenait le temps comme variable indépendante, — à quoi il se conformait tout naturellement lui-même dans sa rédaction de la réponse de Descartes.

Alors qu'est-ce qui lui manquait donc pour avoir, sans Descartes, la solution du problème ? Il lui manquait l'idée du triangle formé par les espaces qui correspondent aux moments infinitésimaux du temps, et de la représentation par des aires des espaces finis parcourus par le mobile : cela, il le trouvait dans les indications de Descartes. La déformation que celui-ci faisait subir aux données, intervertissant la signification des abscisses et des ordonnées, n'altérait en rien la figure ni le rapport des aires, où Beeckmann trouvait la réponse à sa question. L'énoncé auquel aboutissait Descartes n'était pas le même que le sien, mais au premier abord, sans prendre le temps d'y réfléchir, on pouvait penser que les deux formules revenaient au même.

Ainsi, à lire attentivement le Journal de Beeckmann, il semble très probable que les rédactions différentes des deux amis traduisent exactement les pensées respectives de l'un et de l'autre.

Mais nous avons à cet égard une autre source d'informations dans les écrits ultérieurs de Descartes. Nous savons déjà par les *Cogitationes privatæ* que, peu de jours après l'entretien avec Beeckmann où avait été traitée la question de la chute des corps, les mêmes confusions persistent dans son esprit (Ad. et T., t. X, p. 219). Peu de jours, ce n'est encore rien. Mais ouvrons la *Correspondance*... Dans une lettre à Mersenne, du 8 octobre 1629, onze ans plus tard, par conséquent, répondant à une question sur le temps que met un pendule écarté de sa position d'équilibre pour y revenir, Descartes mesure l'espace circulaire décrit par la longueur de la corde, et dit : « S'il faut un moment quand la corde est longue d'un pied, il faudra

$\frac{4}{3}$ de moment pour la longueur 2 pieds, $\frac{16}{9}$ de moment pour 4 pieds, etc. » On reconnaît la loi à laquelle avait abouti sa démonstration de 1618. Mersenne d'ailleurs a quelque peine à comprendre et insiste. La réponse de Descartes (13 novembre) reproduit exactement l'ancienne démonstration, sauf que d'une part il manie plus décidément les indivisibles, mais que, d'autre part, par une inadvertance inexplicable, il substitue des parallèles verticales aux horizontales de la première figure, et rend ainsi les choses absolument incompréhensibles.

Un peu plus tard, pendant l'automne de 1631, comme Mersenne revient sur la question, Descartes revient encore sur ses anciennes conclusions, telles qu'il les avait énoncées plusieurs fois déjà. Mais il ne les croit plus exactes. Ce n'est pas seulement parce qu'elles supposaient toujours le vide, et cessaient d'être vraies dès qu'intervenait la résistance de l'air, ce qu'il a toujours pensé ; mais c'est désormais le postulat de la constance de la force venant s'ajouter à chaque moment qu'il croit pouvoir rejeter. « Cela répugne, dit-il, apertement aux lois de la Nature ; car toutes les puissances naturelles agissent plus ou moins, selon que le sujet est plus ou moins disposé à recevoir leur action, et il est certain qu'une pierre n'est pas également disposée à recevoir un nouveau mouvement ou une augmentation de vitesse, lorsqu'elle se meut déjà fort vite, et lorsqu'elle se meut fort lentement (1). » Ainsi Descartes n'était pas resté longtemps attaché au principe fondamental d'où découlait la démonstration de 1618.

La lettre de Mersenne, du 14 août 1634, vient jeter une dernière lumière sur la répugnance de Descartes à l'égard du fameux postulat, en même temps que sur ses dispositions anciennes, et en particulier sur la confusion qui s'était produite dans son esprit. Il s'agit de la lettre où il donne pour la première fois son appréciation sur les travaux de Galilée. Après avoir déclaré qu'il n'y a rien vu d'intéressant, il ajoute : « Je veux pourtant bien avouer que j'ai rencontré dans son livre quelques-unes de mes pensées, comme entre autres deux que je pense vous

(1) Ad. et T., t. Ier, p. 230.

avoir autrefois écrites. La première est que les espaces par où passent les corps pesants, quand ils descendent, sont les uns aux autres comme les carrés du temps qu'ils emploient à descendre, *c'est-à-dire que, si une balle emploie trois moments à descendre depuis* A *jusqu'à* B, *elle n'en emploiera qu'un à descendre depuis* B *jusqu'à* C, etc., ce que je disais avec beaucoup de restrictions, car en effet il n'est jamais entièrement vrai comme il pense le démontrer (1). »

N'est-on pas en droit de dire, après cette consultation, qu'il reste peu de doute sur le rôle des deux amis dans leur étude sur le problème de la chute des corps ? A Beeckmann revient l'honneur d'avoir posé nettement la question, et d'avoir énoncé les principes fondamentaux auxquels il ne restait plus qu'à appliquer la démonstration mathématique de Descartes. Que l'un et l'autre aient donné à leurs conclusions la forme que l'on sait, sans apercevoir la différence de leurs formules, cela n'a plus rien d'étonnant pour qui a lu les dernières réflexions de Descartes de 1634.

Cette enquête nous permet en outre de répondre plus exactement qu'on ne l'a fait jusqu'ici à cette question : pourquoi Descartes, après l'essai de 1618, n'a-t-il jamais songé à pousser plus loin l'étude du problème de la chute des corps ? Paul Tannery en voyait la raison dans le tempérament de Descartes, qui répugnait à ne pas prendre la réalité entière avec son indivisible complexité, qui en particulier se refusait à faire abstraction de la résistance de l'air et à accepter, par abstraction, l'hypothèse du vide, à la possibilité duquel il ne croyait pas (2).

Bordas Demoulin, dans son désir de toujours voir Descartes en avance sur les découvertes de ses successeurs, prétendait trouver chez lui cette affirmation, au sens où

(1) Ad. et T., t. 1er, p. 304. — C'est moi qui souligne. Plus tard, dans une lettre de février 1643, adressée probablement à Huygens, il énonce simplement la véritable loi. Dans la même lettre, d'ailleurs, il s'appuie sur les travaux de Galilée, relatifs à la forme parabolique de la trajectoire des projectiles. Aurait-il, dans l'intervalle, reconnu son erreur ? En même temps, peut-être qu'il aurait eu l'occasion de mieux apprécier quelque partie de l'œuvre du savant italien ? [Ad. et T., t. III, p. 620, 624, 630.]

(2) *Rev. de Mét. et de Morale*, 1896, p. 478-488.

nous l'entendrions aujourd'hui, que la pesanteur d'un corps n'est pas constante sur la surface du globe (tome II, p. 339-340). L'explication est beaucoup plus simple. Descartes a accepté provisoirement de Beeckmann le principe de la permanence de la force qui, à chaque instant, donne une impulsion nouvelle ; il ne tarde pas à y renoncer, et dès lors s'écroulent les résultats de ses premières recherches.

Au point de vue de l'histoire de la pensée scientifique, comment enfin apprécier ce qu'il y a de si intéressant et, semble-t-il au moins, de si original dans la partie mathématique de la démonstration de 1618 ? Descartes, pour son premier coup d'essai, apportait-il brusquement de lui-même les méthodes impliquées dans cette simple représentation d'idées qu'a été son triangle ? Rien dans sa rédaction, pas plus que dans celle de Beeckmann, ne vient prouver que tout n'est pas sorti de son seul génie inventif...

Un mot de sa lettre à Beeckmann du 26 avril 1619 appelle pourtant notre attention : « Toi seul as secoué ma paresse et rappelé à ma mémoire mon érudition qui en était presque sortie (1)... » Descartes se reconnaissait donc, avant les incitations de son ami, une certaine érudition. De quelles lectures était-elle faite ? Il est assez difficile de se prononcer exactement.

Quoi qu'il en soit, Cantor, l'auteur des *Vorlesungen* (II². p. 130), et M. Duhem (*Etudes sur Léonard de Vinci*, 3e série, ch. XXXI) nous ont appris que, déjà au milieu du xve siècle, Nicole Oresme utilisait, pour étudier la variation d'une qualité, un système de coordonnées rectangulaires, longitude et latitude. La figure triangulaire, quand il s'agissait d'une qualité uniformément variée, servait à mesurer la variation totale de l'intensité de la qualité ; et M. Duhem a montré comment cette tradition avait pu se continuer à travers l'école d'Oxford et celle de Paris jusqu'à Galilée lui-même qui, en fait, avait esquissé dès 1604 une démonstration semblable à celle de Descartes pour la chute des corps.

Jusqu'à Descartes lui-même la filiation échappe, mais

(1) Ad. et T., t. X, p. 162.

il est tout de même du plus haut intérêt de constater que. quelle que soit la part d'invention de Descartes, à vingt-deux ans, dans sa première production mathématique, il ne fait, sans s'en douter peut-être, que se rattacher à une tradition déjà très ancienne ; et, d'autre part aussi nous savons bien que Kepler, dans sa *Stereometria* de 1615, maniait couramment les indivisibles.

***

Un second mémoire rédigé par Descartes vers la même époque (novembre ou décembre 1618) traite de la pression des liquides sur le fond des vases et de leur pesanteur. Le travail a l'aspect d'un traité complet présenté dans l'ordre qu'affectionnent les géomètres : quelques principes sont posés d'abord comme postulats ou définitions, puis les propositions sont énoncées et démontrées, l'argumentation prenant sans cesse la forme syllogistique.

Les principes d'abord ont de quoi appeler notre attention :

La pesanteur d'un corps est proprement la force qui l'entraîne verticalement de haut en bas dans le premier instant du mouvement. Un élément indispensable à l'appréciation de cette pesanteur est, dans le commencement imaginable du mouvement, la vitesse initiale. Ainsi, si un atome d'eau descend deux fois plus vite que deux atomes, il pèsera seul comme les deux réunis.

Descartes donne assez nettement l'impression qu'il voit le problème de la comparaison des pesanteurs à travers celui de l'équilibre des machines. D'une part, en effet, c'est le premier déclanchement instantané qui lui importe, et d'autre part il va d'emblée à la considération du produit de la masse par la vitesse, se rangeant à la tradition aristotélicienne ; — tradition qu'il reniera plus tard quand il voudra donner la théorie définitive des machines, mais qui en somme se retrouvera toujours dans la notion fondamentale de sa Physique générale, je veux dire dans celle de la quantité de mouvement. Malgré les dénégations qu'il aurait pu trouver, à cet égard, dans la correspondance de

Descartes, en particulier dans les critiques que celui-ci adresse à Galilée, Leibniz voudra voir l'origine du principe de la quantité du mouvement dans l'étude de la condition d'équilibre des machines. Il ne sera pas sans intérêt, pour élucider le problème, que dès ses premiers tâtonnements Descartes se soit attaché en somme comme Galilée à la vieille formule aristotélicienne.

Quoi qu'il en soit, sur ces premières notions Descartes prétend établir les propositions suivantes :

Soient (fig. 2) les quatre vases A, B, C, D, de même

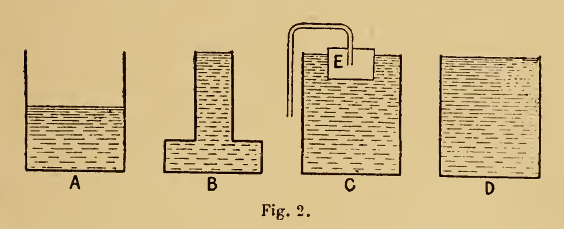


Fig. 2.

hauteur, de même poids quand ils sont vides, et de même surface de fond. Supposons dans B, C, D autant d'eau qu'ils peuvent en contenir, et dans A la même quantité d'eau que dans B :

1° A avec son eau pèse comme B avec la sienne ;

2° La pesanteur de l'eau seule sur le fond de B est la même que celle de l'eau sur le fond de D, et plus grande que la pesanteur de l'eau sur le fond de A ; la même aussi que sur le fond de C ;

3° Le vase D avec l'eau ne pèse ni plus ni moins que C tout entier dans lequel plonge un corps solide E ;

4° Ce vase C tout entier pèse plus que B tout entier.

La première proposition est évidende. La seconde semble tout d'abord très remarquable à cette date, longtemps avant que Pascal énonce son fameux principe. M. Duhem, dans une étude sur ce principe, publiée en 1905 par la *Revue générale des Sciences*, a appelé l'attention sur la statique de Stevin qui le contenait explicitement, et où Pascal en a très vraisemblablement puisé l'énoncé. Stevin était Flamand : nous aurions pu dire *a priori* que ses travaux étaient connus de Beeckmann et deviner que celui-ci

avait au moins suggéré le principe à Descartes, mais les *Cogitationes privatæ* nous apportent sur ce point une certitude. Elles nous disent, en effet, que Beeckmann a interrogé Descartes *e Stevino*, d'après Stevin. Le début de l'entretien est aisé à reconstituer : on imagine facilement Beeckmann tirant l'ouvrage de sa bibliothèque et demandant à Descartes, en lui désignant les passages relatifs à la pression des liquides sur le fond des vases : qu'en pensez-vous ? Rien de cela ne se laisse même entrevoir dans la rédaction du mémoire, où le principe en question semble découler des définitions et des postulats de Descartes par une curieuse démonstration, qui, si je la comprends bien, fait dépendre la pression d'une molécule de la surface sur une molécule du fond, de la distance verticale de leurs positions, qui par conséquent m'a tout l'air d'impliquer le principe même qu'il faut démontrer. Mais peu importe. Descartes oublie, en rédigeant son mémoire, que la proposition lui vient de Stevin tout simplement parce qu'il croit en avoir trouvé une démonstration. Ce n'est pas le fait de formuler une vérité qui compte pour lui : c'est le fait de la démontrer, de la comprendre, de l'expliquer ; bien des fois, je crois, on devra s'en souvenir dans l'examen de ses œuvres. Lui-même, d'ailleurs, n'a-t-il pas écrit dans ses notes intimes : « Juvenis, oblatis ingeniosis inventis, quærebam ipse per me possemne invenire, etiam non lecto auctore (1). »

Je ne m'arrêterai pas à la suite étrange d'idées par lesquelles Descartes essaie de rendre évidente la troisième proposition qui nous heurte si vivement, pas plus qu'aux raisons pour lesquelles les choses se passent autrement (4e proposition) quand on compare C et B, au lieu de D et C ; tout ce qu'on devine à travers l'argumentation de Descartes, c'est que, se reportant à sa définition de la pesanteur, il croit que la vitesse initiale des molécules de la surface, le fond étant brusquement enlevé, ne serait pas la même dans C et B, tandis qu'elle le serait dans D et C.

Les dernières lignes de Descartes nous suggèrent enfin une remarque qui peut servir à l'étude de son caractère. La question à laquelle répond ce traité a été posée la veille

(1) Ad. et T., t. X, p. 214.

par Beeckmann. Descartes, qui donnera tant de preuves de son amour pour la méditation lente, pour le travail entrecoupé de flânerie, a trouvé le moyen de rédiger son mémoire de forme si parfaite en moins de vingt-quatre heures. La raison ? il nous la dit lui-même : il n'était pas satisfait des réponses qu'il avait faites la veille ; son amour-propre en souffrait, il avait hâte de donner à son ami une meilleure opinion de lui-même... C'est ainsi que plus tard nous le verrons également manquer à ses plus chères habitudes pour résoudre en hâte les questions posées par Mersenne toutes les fois que son amour-propre sera en jeu...



Je dirai peu de choses du Traité de Musique, *Compendium musicæ*, rédigé par Descartes et offert à son ami Beeckmann au commencement de janvier 1619. Nous retrouvons ici dès le début une série de principes, sur lesquels s'appuieront toutes les démonstrations ; ils résument les conditions auxquelles doivent satisfaire les objets des sens pour être perçus avec plaisir : pas de disproportion entre l'objet et le sens lui-même ; l'objet doit tomber sous le sens facilement et sans confusion ; la facilité de la perception est liée à une faible différence des parties ou, ce qui revient au même, à la proportion des parties ; il faut de la variété, etc... Descartes procède ensuite *a priori* pour la division de la corde vibrante en 2, 3, 5 parties égales, formant avec ces parties des fractions $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$..., parmi lesquelles il choisit celles qui correspondent à des consonances.

Puis il étudie successivement les questions qui se trouvent dans tous les traités classiques. Il est infiniment probable qu'il emprunte le fond de son travail à Zarlino, qu'il cite d'ailleurs, mais en arrangeant à sa manière, et surtout en substituant ses raisons aux siennes. Il dit à propos des cadences : « Zarlino les énumère abondamment, et explique dans ses tables quelles consonances peuvent être posées après une autre quelconque — « quorum omnium

rationes nonnullas affert ; sed plures opinor, et magis plausibiles ex nostris fundamentis possunt deduci (1). »

Et certainement tout ce qu'il énonce devient sa propriété, devenant intelligible à ses yeux par ses propres déductions. — A la fin du traité, Descartes insiste modestement sur l'imperfection de son œuvre ; mais pourtant plus tard, quand il croira que Beeckmann a pu s'en dire lui-même l'auteur, il se fâchera tout rouge, et il faudra que tout malentendu sur ce point soit dissipé pour que leur amitié renaisse sans nuage.

***

Reste à étudier les essais proprement mathématiques de l'hiver 1618-1619. Cette fois, nous n'avons pas de traité complet rédigé par Descartes, mais seulement ses lettres à Beeckmann et quelques passages des *Cogitationes* consacrés à ses recherches mathématiques.

Le 26 mars 1619, il annonce à son ami, comme les ayant trouvées en six jours, quatre démonstrations nouvelles et remarquables, pour lesquelles il utilise ses compas. Il s'agit, dit-il, du fameux problème de la division d'un angle en trois parties égales, ou même en un nombre quelconque de parties égales ; puis de trois types d'équations cubiques, chacun avec toutes les variétés de signes qu'il comporte, c'est-à-dire en tout de treize cas distincts pour les équations communes (entendons les équations du second degré), à savoir :

entre $\mathfrak{z}$ et $O\varkappa + ON$.
entre $\mathfrak{z}$ et $O\varkappa - ON$.
entre $\mathfrak{z}$ et $ON - O\varkappa$.

Remarquons que Descartes emploie ici les notations « cossiques » (2), telles qu'elles étaient en usage surtout chez les mathématiciens allemands du XVIe siècle et du commencement du XVIIe. Il est vraisemblable, comme l'a

(1) Ad. et T., t. X, p. 134.

(2) En place des caractères représentés ici par $\mathfrak{z}$, $\varkappa$ et π, Descartes se sert de signes un peu différents, mais qui ne sont plus usités aujourd'hui en typographie.

observé M. Eneström dans ses notes de la grande édition, que Descartes les avait puisées dans les ouvrages du Jésuite Clavius, qui devaient faire partie de la bibliothèque du Collège des Jésuites de La Flèche. C'est un système de notations où, comme chez Diophante, un caractère spécial désigne chacune des trois premières puissances de l'inconnue ou de la racine. N est la racine elle-même, la chose, *Cosa*, en italien ; *z* en désigne le carré ; π le cube, *zz* la 4e puissance, etc. La lettre O introduite ici par Descartes désigne un coefficient quelconque.

En suivant le texte de Descartes (que j'ai abrégé ci-dessus) et en employant nos notations, on voit sans peine que les treize cas distingués par lui sont donnés par le tableau suivant :

$$x^3 = \pm px \pm q,$$
$$x^3 = \pm px^2 \pm q,$$
$$x^3 = \pm px^2 \pm qx \pm r,$$

d'où il faut retrancher les trois types obtenus avec tous les signes — dans le second membre ; car Descartes ne manie, à ce moment du moins, que des quantités essentiellement positives.

Quant aux démonstrations auxquelles il fait allusion, les notes intimes ou *Cogitationes privatæ* nous permettent de les connaître.

Un angle est aisément divisé en trois parties égales par un compas à quatre branches construit de telle manière que les trois angles formés par elles restent toujours

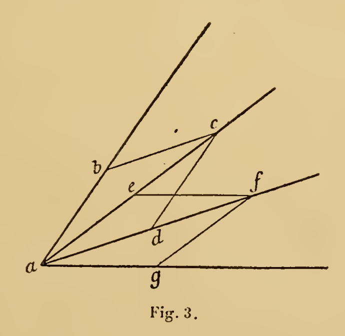


Fig. 3.

égaux, quelle que soit l'ouverture qu'on donne aux branches extrêmes. Il suffit pour cela que les quatre longueurs *a b*, *a c*, *a d*, *a g* étant égales et les tiges *b c*, *c d*, *e f*, *f g*, pouvant tourner autour des points *b*, *d*, *e*, *g*, et se coupant deux à deux sur les branches internes du compas, soient aussi égales aux premières longueurs (fig. 3). — La figure formée par les deux losanges montre immédiatement l'égalité permanente des trois angles, De sorte qu'on n'aura qu'à faire coïncider l'angle *b a g* avec un angle donné pour résoudre le problème de la trisection de l'angle. Un compas analogue, mais naturellement plus compliqué, servirait à la division d'un angle en un nombre quelconque de parties égales.

Un autre compas sert à la résolution des équations cubiques ; c'est celui même qui sera décrit plus tard au

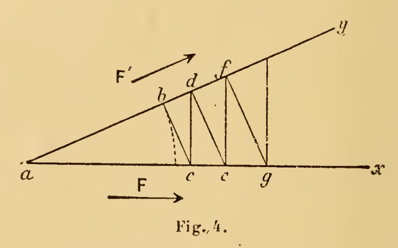


Fig. 4.

début du livre II de la *Géométrie*. Soit (fig. 4) l'angle formé par les deux branches *a x*, *a y*. Au point *b* de *a y* est fixée perpendiculairement à ce côté une règle qui vient rencontrer le petit côté au point variable *c*.

Quand on ouvre le compas, le joint *c* se déplace dans le sens de la flèche F et pousse une règle *c d* perpendiculaire à *a x*.

En même temps, celle-ci déplace, dans le sens de la flèche F', une règle *d e*, perpendiculaire à *a y*, laquelle déplace dans le sens de la flèche F une règle *e f* perpendiculaire à *a x*, et ainsi de suite.

Quoique rien ne l'indique dans la lettre du 26 mars, on ne peut douter que ce compas avait déjà servi à résoudre le problème de l'insertion de deux moyennes proportionnelles et même de *n* moyennes proportionnelles entre deux longueurs données ; Descartes le dira plus tard dans

sa *Géométrie*. Mais la solution est si évidente que la pensée de ce problème avait été certainement liée dans son esprit à l'invention du compas. Il saute aux yeux en effet que l'on a

$$\frac{ab}{ac} = \frac{ac}{ad} = \frac{ad}{ae} = \frac{ae}{af} = \ldots.$$

S'il s'agit de trouver deux moyennes proportionnelles entre deux longueurs A et B, on ouvrira le compas de telle manière que $a\,e$ représente B à l'échelle où $a\,b$ représente A.

Quant à la résolution des équations cubiques, il est difficile de se reconnaître exactement dans les *Cogitationes privatæ*, à moins d'admettre assez souvent des erreurs et des traces d'inexpérience qui surprennent, mais qu'il faut très probablement accepter. Il n'y a en somme de vraiment clair que le cas où l'équation est de la forme $x^3 = x + \mathrm{N}$. Descartes, en prenant $a\,b$ pour unité, et $a\,e$ pour la racine x, remarque que $a\,c = x^3$ ce qui est très facile à établir, et que dès lors il suffit d'ouvrir le compas jusqu'à ce que $c\,e$ soit égal à N, pour que $a\,c$ soit la valeur cherchée de l'inconnue. Mais déjà s'il s'agit du cas plus général $x^3 = p\,x + \mathrm{N}$, Descartes semble dire qu'en divisant tout par p on peut d'abord résoudre $x^3 = x + \mathrm{N}'$, puis multiplier $x + \mathrm{N}'$ par p ?

Pour le type d'équation $x^3 = p\,x^2 + \mathrm{N}$, même erreur dans l'affirmation qu'on peut se ramener au cas $x^3 = x^2 + \mathrm{N}'$. En outre, ici il faut renoncer à trouver dans les indications des *Cogitationes* la solution du cas particulier. Et enfin, lorsqu'il s'agit du cas le plus général, c'est-à-dire de l'équation complète, Descartes fait une série de calculs revenant au fond, comme l'a montré M. Eneström, à la transformation $x = y \pm 1$ effectuée sur une équation où le coefficient de x^2 a été d'abord ramené à être ± 3, pour aboutir à la disparition du terme en x^2. Il se ramène ainsi au type $x^3 = p\,x + \mathrm{N}$, c'est-à-dire pour lui à cet autre $x^3 = x + \mathrm{N}$ déjà résolu.

En dehors de ces types généraux d'équations cubiques se trouve dans ses notes l'exemple particulier :

$$x^3 = 6\,x^2 - 6\,x + 56$$

ou

$$\frac{1}{2}x^3 = 3x^2 - 3x + 28$$

Il écrit :

$$x^3 = 3x^2 - 3x + 28$$

ou

$$(x-1)^3 = 28 - 1$$

ou

$$x = \sqrt[3]{28-1} + 1,$$

ce qui est très bien,
et enfin

$$\frac{1}{2}x^3 = \left(\sqrt[3]{28-1} + 1\right)^3$$

ce qui est incompréhensible (1).

Si on laisse de côté ce qui dans ces essais est manifestement inexact, nous pouvons en dégager les remarques suivantes :

En Algèbre, Descartes se rattache plutôt à la tradition cossique. Il n'a probablement encore lu ni Viète ni Cardan. Un point appelle pourtant l'attention : pour résoudre l'équation cubique la plus générale, il cherche (peu importe la complication ou l'inexpérience dont témoigne son procédé) à faire disparaître le terme du second degré. Or, c'était là, peut-être sans le savoir, suivre les traces de Viète et de Cardan.

Mais ce qui frappe le plus dans ces recherches, c'est à quel point Descartes s'éloigne des méthodes algébriques qui aboutissent à des formules numériques calculables.

A part l'exemple particulier cité plus haut, qui se trouve comme perdu au milieu de recherches d'un tout autre caractère, Descartes veut trouver pour l'inconnue non pas un nombre calculable à l'aide d'une formule, mais une longueur. S'il s'agissait d'équations du second degré, on devine qu'il saurait les résoudre par des constructions où n'interviendraient que la règle et le compas. Dès qu'on dépasse le second degré, ces instruments simples ne suffisent plus. Qu'à cela ne tienne : on aura recours à d'autres

(1) Pour tout ce qui précède relativement aux équations cubiques. voir Ad. et T., t. X, p. 234-246.

instruments, à de nouveaux compas ; les nouvelles lignes qu'ils permettront de décrire serviront à résoudre les nouveaux problèmes. Et, de fait, on le voit déjà dans les *Cogitationes privatæ*, Descartes parle des lignes qui décrivent les points *d*, *f*..., de son compas (1), — lignes moins simples que le cercle, mais qu'il n'y a, dit-il, aucune raison de rejeter hors de la Géométrie, sous prétexte qu'elles ne sont pas fournies par le compas ordinaire. Quelques pages avant (232-3), Descartes avait déjà décrit des compas permettant de décrire une ellipse, comme intersection d'un plan et d'une surface de révolution conique ou cylindrique...

La suite de la lettre à Beeckmann, du 26 mars, est à cet égard assez significative. Après une allusion à une étude de certains radicaux composés, qui n'est qu'à l'état de projet, et dont il paraît difficile de préciser la nature, Descartes confie à son ami sa conception d'une science qui lui tient surtout à cœur, et si grandiose qu'elle épuiserait en somme l'objet intégral de la Géométrie (adeo ut pene nihil in geometria supersit inveniendum). Cette science, qui constitue « une œuvre infinie, qui ne saurait être l'œuvre d'un seul, œuvre incroyablement ambitieuse, mais où il a le sentiment d'avoir aperçu, à travers un chaos obscur, il ne sait quelle lueur qui lui permettra de dissiper les ténèbres les plus épaisses », cette science quelle est-elle donc ? quel en est l'objet ?... C'est une sorte de classification complète de toutes les questions relatives à la quantité, selon leur nature, leur solution devant chaque fois y être adoptée. « Comme en Arithmétique certains problèmes se résolvent par des nombres rationnels, d'autres par des nombres irrationnels, et d'autres enfin qu'on peut seulement imaginer échappent à toute solution, de même dans le domaine de la quantité continue, Descartes espère le prouver, certains problèmes peuvent se résoudre avec la droite et la circonférence, d'autres ne le peuvent qu'à l'aide d'autres lignes courbes issues d'un mouvement unique, et décrites avec des compas nouveaux, qu'il pense n'être ni moins précis ni moins géométriques que le compas ordinaire ; et d'autres enfin ne peuvent se

(1) Ad. et T., t. X, p. 235.

résoudre qu'à l'aide de courbes issues de deux mouvements indépendants, et qui ne sauraient exister qu'en imagination, comme la quadratrice bien connue (1). » Descartes croit pouvoir faire rentrer dans ces trois catégories toutes les questions imaginables et espère montrer quelles sont celles qui correspondent à chaque groupe.

Voici donc posé d'emblée, dès le mois de mars 1619, le problème qui se trouvera complètement traité en 1637 de la classification des lignes apportant la solution de toutes les questions relatives à la quantité continue, c'est-à-dire, d'après le texte de Descartes, de toutes les questions qui constitueront à ses yeux la *Géométrie*. Quand on se demandera ce qu'a voulu être au juste la *Géométrie* de Descartes, il faudra se rappeler que dès sa jeunesse, et avant l'énonciation de sa Méthode, elle était simplement l'ensemble des problèmes concernant la quantité continue. Et quant aux moyens par lesquels doit procéder cette sorte d'Algèbre du continu, on se rappellera que dès le mois de mars 1619 ils consistaient exclusivement en lignes décrites par des compas appropriés, dont une pointe trace toujours dans le plan un lieu géométrique proprement dit, pourvu que la définition quantitative des points du lieu ne fasse intervenir qu'un seul mouvement.

Ainsi Descartes, au moment où allait s'accomplir sa vingt-troisième année, avant la méditation qui, dans le fameux poële, devait aboutir à la confection de sa Méthode, annonçait dans ses traits essentiels ce que devait être l'objet principal de sa *Géométrie*. Les différences porteront plus tard sur deux points : l'attention de Descartes sera plus attirée sur le caractère particulier des coniques, et sur la catégorie qu'elles forment entre la circonférence et les autres lignes géométriques, — et d'autre part s'introduira, comme clé naturelle de la classification des courbes, la notion de leur degré. Mais déjà, en tout cas, avec la première vision plus ou moins lointaine de sa solution future, s'exprime naïvement sa tendance à voir grand, à rêver d'œuvre complète, totale ; à chercher des solutions exhaustives, à concevoir ses travaux comme devant réaliser la science intégrale et définitive...

(1) Ad. et T., t. X, p. 157.

Abstraction faite de cette teinte ambitieuse qui colorera toutes ses idées et sera un des traits permanents de son caractère, à qui donc, pour le fond même de ses pensées, se rattachait ainsi Descartes ? N'en doutons pas, c'est aux Grecs, — ou plus précisément aux traditions de la Géométrie classique de la grande époque, et qu'il faut soigneusement distinguer, d'une part de certaines tendances des Pythagoriciens, d'autre part et surtout de la tradition représentée par Diophante. Au père Ciermans qui, avec une politesse exagérée, voudra voir plus tard dans sa *Géométrie* la Mathématique elle-même, la Mathématique totale, Descartes répondra (1), en relevant l'exagération, qu'on ne saurait trouver dans son livre aucune de ces questions traitant de l'ordre et de la mesure (c'est-à-dire qui sont des questions mathématiques) dont Diophante nous offre l'exemple. — Et comment enfin connaît-il cette Géométrie grecque de l'école classique ? En 1588 a paru la traduction par Commandin de la collection Pappus, qui, sous une forme un peu désordonnée, faisait connaître une foule de problèmes traités par les Anciens, et donnait les solutions souvent nombreuses de telle ou telle question : trisection de l'angle, construction de deux moyennes proportionnelles, etc. — On y trouvait la description de compas utilisés par tels ou tels géomètres, des lignes auxiliaires qu'ils étaient amenés à tracer, comme la conchoïde de Nicomède, etc. — Descartes a lu Pappus, dont il citera le nom dans les *Regulæ* (IVe règle), à côté de celui de Diophante, comme personnifiant sans doute, par le contenu de sa collection historique, l'autre tendance de la Mathématique, celle à laquelle il se rattache (2).

Il est à peine nécessaire de rappeler comment s'opposent ces deux tendances. L'Algèbre, selon la tradition de Diophante, est une sorte de prolongement de l'Arithmétique ; les solutions des équations sont des valeurs numériquement calculables à l'aide de formules. Dans l'autre tradition, ce sont des longueurs qu'il faut construire. Ainsi

(1) Ad. et T., t. II, p. 70.

(2) Il avait certainement lu aussi, nous l'avons déjà dit, les ouvrages de Clavius. Or, la deuxième grande édition de ceux-ci, datant de 1611, donnait les principaux exemples de l'Analyse des Grecs.

les racines de l'équation du second degré peuvent d'un côté se calculer par une suite d'opérations qui aboutissent d'ailleurs à des résultats approchés. Chez les Grecs, bien qu'ils fussent assurément capables d'effectuer ces suites de calculs, le problème se résolvait par la construction de deux longueurs dont on connaît la somme ou la différence et le produit. En particulier, la racine de l'équation $X^2 = 2a^2$ que résout le problème de la duplication du carré, s'obtient si l'on veut par la suite des calculs fournissant la racine carrée de 2 avec telle approximation qu'on voudra ; — mais elle se représente aussi, comme Platon le montre dans le Menon, par la diagonale du carré dont le côté est a. Et de même pour les équations cubiques. Les grands géomètres grecs n'auraient certainement pas été embarrassés pour calculer avec telle approximation souhaitée la racine de l'équation $X^3 = 2a^3$. Mais, quand s'est posé à son tour le fameux problème de la duplication du cube, ils ont tous préféré construire la longueur qui devait être le côté du nouveau cube. Ramenant la question à l'insertion de deux moyennes proportionnelles entre a et $2a$, et renonçant forcément à la résoudre à l'aide de la droite et du cercle, ils construisaient de nouvelles lignes plus ou moins compliquées devant servir à déterminer les longueurs cherchées. Et ainsi de suite... Cette science de la quantité continue, qui n'est autre chose en somme que le Τόπος ἀναλυόμενος dont parle Pappus, ou plus simplement, comme nous disons, et comme disait déjà Descartes, l'Analyse des anciens, est bien celle à laquelle se rattache déjà en 1619 et se rattachera toujours Descartes. Seulement elle implique un langage, des notations, et des transformations quantitatives qu'il simplifiera bientôt, rendant cette analyse infiniment plus aisée à manier. Car nous voici arrivés presque au moment où Descartes, de retour d'un voyage à Francfort, va choisir ses quartiers d'hiver à Ulm, ou tout près d'Ulm, et prendre la grave décision de chercher désormais en lui-même les fondements sur lesquels il va tenter de rebâtir l'édifice entier de la Science humaine.

CHAPITRE II

UNE CRISE MYSTIQUE DE DESCARTES EN 1619

On sait que parmi les petits traités de Descartes mentionnés par l'Inventairé de Stockholm, et qui ont malheureusement disparu, s'en trouvait un ayant pour titre *Olympica*. Quelques textes cités par Leibniz, et surtout les renseignements de Baillet sur le contenu de ce traité, qu'il a eu sous les yeux, permettent, semble-t-il, mieux qu'on ne l'a fait jusqu'ici, d'en préciser la signification et l'importance.

Baillet parle pour la première fois des *Olympica*, quand il fait l'énumération des écrits trouvés dans les papiers de Descartes (1). Il mentionne ce manuscrit « de douze pages », comme débutant par ces mots qui en fixent la date : « X novembris 1619, cum plenus forem Enthousiasmo, et mirabillis scientiæ fundamenta reperirem, etc. ». — En marge, il est vrai, d'une écriture plus récente, dit Baillet, se trouve la remarque suivante : « XI novembris 1620, cœpi intelligere fundamentum inventi mirabilis ». On est en général d'accord qu'il ne s'agit pas là d'une correction, mais seulement d'une note conservant le souvenir d'une quasi coïncidence curieuse de certaines dates, à un an de distance. Laissons donc de côté cette remarque, et venons en au résumé des *Olympica* tel que le donne Baillet, lorsqu'il arrive, dans la *Vie de Monsieur Descartes*, à l'automne de 1619 (2).

Après avoir montré les tourments de Descartes cher-

(1) *Vie de Monsieur Descartes*, 1691, t. Ier, p. 50-51.
(2) *Ibid.*, t. Ier, p. 80-86. — Ad. et T., t. X., p. 179-188.

chant les moyens de parvenir à la vérité, « il se fatigua de telle sorte, dit-il, que le feu lui prit au cerveau, et qu'il tomba dans une espèce d'enthousiasme, qui disposa de telle manière son esprit déjà abattu, qu'il le mit en état de recevoir les impressions des songes et des visions ». Et c'est manifestement ici (comme l'indique un renvoi en marge au début des *Olympiques*, c'est-à-dire au texte latin déjà cité) que commence le véritable résumé de ce manuscrit. « Il nous apprend, dit Baillet, que le dixième de novembre mil six cent dix-neuf, s'étant couché tout rempli de son enthousiasme, et tout occupé de la pensée d'avoir trouvé ce jour-là les fondements de la science admirable, il eut trois songes consécutifs en une seule nuit, qu'il s'imagina ne pouvoir être venus que d'en haut. » Suit le récit des trois songes, et de leur interprétation commencée par Descartes pendant qu'il dormait encore, et poursuivie après son réveil. Dans le premier, ce qui le frappe surtout, c'est un vent violent, représentant à ses yeux un mauvais génie, qui le pousse contre une Eglise où il allait d'ailleurs volontairement. « A malo spiritu ad Templum propellebar » disait proprement Descartes, comme Baillet le note en marge à cet endroit. — Un deuxième sommeil est troublé par le bruit effrayant de la foudre que Descartes croit entendre. Réveillé aussitôt, il voit sa chambre remplie d'étincelles de feu. La terreur qu'il avait eue répondait à ses péchés, et la foudre dont il avait entendu l'éclat était « le signal de l'esprit de vérité qui descendait en lui pour le posséder ». Mais c'est surtout le troisième songe sur lequel Baillet, sans aucun doute d'après Descartes, sent le besoin d'insister. Des nombreux détails qui le remplissent se dégage surtout l'apparition de deux livres, dont l'un, un Dictionnaire « ne veut dire autre chose que toutes les sciences ramassées ensemble », et dont l'autre, le *Corpus poetarum*, « marquait en particulier et d'une manière plus distincte la Philosophie et la Sagesse jointes ensemble ». Et Baillet ajoute ici la traduction d'un fragment du texte de Descartes que nous avons la chance de trouver conservé dans les Inédits (1) : « Mirum videri possit quam graves sententiæ in scriptis poetarum magis

(1) Ad. et T., t. X, p. 217.

quam philosophorum. Ratio est quod poetæ per enthusiasmum et vim imaginationis scripsere : Sunt in nobis semina scientiæ, ut in silice, quæ per rationem a philosophis educuntur, per imaginationem a poetis excutiuntur magisque elucent. » Dans le *Corpus poetarum*, l'attention est appelée sur deux poésies d'Ausone dont l'une commence par « Est et Non », l'autre par « Quod vitæ sectabor iter ?... » Celle-ci « marquait le bon conseil d'une personne sage, ou même la Théologie Morale » ; — par la première « il comprenait la Vérité et la Fausseté dans les connaissances humaines et les sciences profanes ». « Voyant, ajoute Baillet, que l'application de toutes ces choses réussissait à son gré, il fut assez hardi pour se persuader que c'était l'esprit de vérité qui avait voulu lui ouvrir les trésors de toutes les sciences par ce songe. »

Notons un dernier détail, qui achève de montrer le caractère nettement divin que Descartes attribuait à ses visions : dès le lendemain il formait le vœu d'un pèlerinage à Notre-Dame de Lorette. « Son zèle... lui fit promettre que dès qu'il serait à Venise, il se mettrait en chemin par terre, pour faire le pèlerinage à pied jusqu'à Lorette ; que si ses forces ne pouvaient pas fournir à cette fatigue, il prendrait au moins l'extérieur le plus dévôt et le plus humilié qu'il luy serait possible pour s'en acquitter. Il prétendait partir avant la fin de novembre pour ce voyage. » En fait, il se rendit à Lorette quelques années plus tard.



Comment ces textes et ces faits ont-ils été compris jusqu'ici ? En général, sauf de rares exceptions, on a admis que le 10 novembre 1619, Descartes ayant fait une grande découverte fut jeté aussitôt dans une certaine exaltation.

Foucher de Careil ne juge même pas que la moindre contestation soit possible : il rappelle couramment à diverses reprises la date, bien connue d'après les *Olympica*, de la découverte de la Méthode, 10 novembre 1619. Et il ne s'agit pas de tel ou tel aspect de la Méthode, mais de la Méthode cartésienne intégrale, dont les lois de Kepler elles-mêmes n'étaient qu'un cas particulier, quand elle

s'appelait Mécanisme, et qui, sous forme de symbolisme, s'appliquait aux choses intellectuelles, même à l'explication des songes (*Œuvres inédites de Descartes*, Introduction).

Millet, dans son étude si consciencieuse sur *Descartes avant* 1637 déclare que « d'après le témoignage même de Descartes », celui-ci trouva le 10 novembre 1619 les fondements de la Méthode et de son Analyse (p. 74).

M. Liard écrit (*Desc.*, p. 107) : « le 10 novembre 1619, après l'invention de la Méthode, et peut-être aussi de la Mathématique universelle, Descartes a des songes qui l'épouvantent ».

Hamelin est du même avis, sauf que, en tenant compte de quelques textes des *Olympiques*, il voit dans la Méthode, découverte le 10 novembre 1619, la conception, avant Leibniz, d'une sorte de caractéristique universelle (*Syst. de Descartes*, p. 43 et 44). Il note la crise psychologique que décrit Baillet d'après les *Olympica*, et n'hésite pas à l'expliquer par les recherches et par la découverte de Descartes, à la suite desquelles « le feu le prit au cerveau », selon l'expression de Baillet.

Pour M. Adam, le 10 novembre 1619 fut probablement marqué par une grande découverte mathématique, pour la désignation de laquelle « nous n'avons que l'embarras du choix : mathématique universelle, ou bien réforme de l'algèbre, ou bien expression de toutes les quantités par des lignes, et des lignes elles-mêmes par des caractères algébriques... » ou peut-être simplement solution très générale d'un problème... (t. XII, p. 50). Il note la crise mystique, mais quant au rapport où elle se trouve avec la découverte, il se contente de dire : « Le philosophe manifestement eut un accès ou une crise de mysticisme, condition peut-être de toute grande découverte : il faut que l'homme soit soulevé hors de soi, au-dessus de soi, pour avoir une vision nouvelle de la vérité » (t. XII, p. 49). Cela semble bien vouloir dire que la crise n'a pas été provoquée par la découverte (et en cela M. Adam fait exception), mais ou l'a précédée au contraire, disposant l'esprit aux grandes découvertes, ou même l'a simplement accompagnée.

Je crois que toutes ces interprétations sont inexactes.

Et d'abord est-on fondé à résumer les faits en disant qu'une crise d'exaltation mystique chez Descartes a suivi une grande découverte ?

Baillet, avant de donner le détail des *Olympica*, parle des efforts de Descartes et des recherches très fatigantes à la suite desquelles « le feu lui prit au cerveau », sans que nous trouvions là la moindre allusion à l'heureux résultat de ses efforts et de ses recherches, à la découverte. Si Hamelin a cru pouvoir écrire que « le feu lui prit au cerveau à la suite de ses recherches et de sa découverte » (*Système de Desc.*, p. 42), il ajoutait ce dernier mot au texte de Baillet ; ou plutôt il réunissait en une seule phrase deux textes, celui que nous visons en ce moment et celui qui suit de très près, et que nous avons cité plus haut, à savoir : « Il nous apprend que s'étant couché tout rempli de son enthousiasme et tout occupé de la pensée d'avoir trouvé ce jour-là les fondements de la science admirable, etc., etc. ». Et c'est cette phrase de Baillet qui a fait considérer comme évident à Hamelin et à la plupart des autres que l'enthousiasme avait suivi la découverte. Mais on n'a pas remarqué d'où vient ce témoignage de Baillet. Lui-même indique, en le formulant, qu'il s'appuie sur le début du manuscrit des *Olympica*. Or, ce début, nous le connaissons dans le texte latin lui-même : « X novembris 1619, cum plenus forem enthousiamo et scientiæ mirabilis fundamenta reperirem... » Et c'est donc la traduction de ces mots de Descartes que Baillet veut simplement donner ici. Or, nous reconnaissons bien là sa manière d'en user avec les textes. « Baillet, dit très justement M. Adam, a une façon à lui de traduire les textes, en les amplifiant toujours et y ajoutant force détails de son crû (1). » Nous en tenons ici un exemple frappant. Il suffit de mettre en regard le texte de Descartes et la prétendue traduction, pour voir à quel point celle-ci est infidèle. En outre d'amplifications dont il a peine à se passer, Baillet n'hésite pas à poser l'antériorité de la découverte par rapport à l'enthousiasme, qui n'est nullement indiquée par le texte latin, et il ne tient compte ni de l'identité des temps des verbes, ni de l'ordre des deux propositions. En somme,

(1) Ad. et T., t. X, p. 175.

abstraction faite de quelques détails complémentaires, il ne traduirait pas autrement, si au lieu du texte que nous connaissons, Descartes eût écrit : « X novembris 1619, cum scientiæ mirabilis fundamenta reperissem, et plenus forem Enthousiasmo... » Ce que Baillet nous apporte ce n'est pas une traduction, c'est déjà une interprétation, celle qui a été adoptée tout naturellement après lui par la plupart des commentateurs de Descartes.

Dira-t-on que la suite du manuscrit pouvait justifier cette interprétation, corrigeant l'insuffisante clarté du début ? — Pour sentir à quel point cela est peu probable, qu'on relise d'abord les pages où Baillet résume les *Olympica*. On voit difficilement où se placerait quelque allusion à une découverte antérieure à la crise. Bien plus, l'hypothèse d'une semblable découverte est en contradiction avec le caractère général des *Olympica*, et plus particulièrement avec quelques détails précis. Descartes, en effet, n'hésite pas à considérer comme surnaturels son enthousiasme et ses songes : ceux-ci viennent directement de Dieu. On pourrait « croire qu'il aurait bu le soir avant de se coucher », c'était la veille de Saint-Martin ? Descartes avait répondu par avance à cette objection en déclarant qu'il n'avait pas bu de vin depuis trois mois. Mais était-ce la seule explication possible pour ramener ses visions à un incident purement humain ? L'hypothèse d'une grande trouvaille capable de jeter son auteur dans une sorte d'ivresse peut encore s'offrir assez naturellement. Mais n'est-ce pas Descartes lui-même qui réfute par avance toutes ces tentatives d'explication, en disant de ses songes que « l'esprit humain n'y avait aucune part » ?

Ainsi, il faut renoncer à l'interprétation courante qui voit dans la découverte la cause de la crise mystique.

Reste l'interprétation de M. Adam : L'enthousiasme de Descartes lui aurait inspiré sa découverte scientifique, les songes seraient venus ensuite... L'hypothèse se heurte à de sérieuses objections : De quel droit séparons-nous en deux moments distincts l'enthousiasme d'une part, d'autre part les visions de la nuit ? Baillet dit bien dans son préambule, que l'enthousiasme a préparé l'esprit de Descartes « à recevoir les impressions des songes et des visions », comme il le fera se prolonger quelques jours

encore après la nuit du 10 novembre... Remarquons au moins que si l'on prenait ces témoignages au sérieux, il s'agirait d'un état maladif, de faiblesse, conséquence d'un surmenage intellectuel... Nous serions loin de cette sorte d'ivresse, d'exaltation, qui soulève l'être tout entier au-dessus de lui-même, décuple ses forces, et le rend capable, comme dit M. Adam, d'avoir une vision nouvelle de la vérité !

Mais non, nous ne pouvons prendre au sérieux ce bavardage de Baillet, pas plus que les détails de la fin sur l'enthousiasme qui se serait prolongé quelques jours après la nuit fameuse. Nous savons trop comment pour rétablir la continuité de son récit de la vie de Descartes, pour ne laisser aucun vide entre deux faits, il sait les préparer ou en prolonger le retentissement après leur production... Ne nous donne-t-il pas d'ailleurs lui-même le moyen de le corriger ?

La première phrase du véritable résumé des *Olympica*, celle qui répond, comme c'est dit en marge, au *début* du manuscrit, annonce tout de suite les songes qu'eut Descartes cete nuit-là. Sans connaître tout ce qui correspond à cette première phrase dans le texte latin, j'imagine que Descartes disait à peu près : 10 novembre 1619, date de mon enthousiasme et de ma découverte des fondements de la science admirable, voici les trois songes qui me sont venus d'en haut. — Descartes entend certainement le mot enthousiasme au sens fort, état dans lequel il se sent en communication avec le ciel (1), les songes et les visions étant l'expression concrète du langage de Dieu. Et depuis ces premiers mots jusqu'aux derniers, ceux sans doute où se trouve formulé le vœu d'un pèlerinage à Notre-Dame de Lorette, il n'est manifestement question, dans les douze pages du manuscrit, que du détail des songes, de leur interprétation et de leur caractère divin. Comment alors l'enthousiasme ne serait-il pas étroitement lié dans l'esprit de Descartes aux songes et aux visions comme à son déroulement naturel ? Comment aussi ne serait-il pas logique de relier également à ces songes et à leur inter-

(1) Baillet, tout naturellement, l'entend au sens orthodoxe du mot, et y voit un état où le sujet a l'illusion d'être en communication avec Dieu, quand, en réalité, il n'est que le jouet de quelque génie.

prétation la découverte elle-même, et de voir enfin s'il est impossible de trouver, dans l'analyse des visions, ce que Descartes a pu entendre par les fondements de la science admirable ?

***

Inutile assurément de beaucoup insister sur les difficultés qu'il y aurait à rapprocher du détail des visions une conception comme celle de la mathématique universelle ou de la réforme de l'algèbre, ou de tout autre chapitre de l'œuvre scientifique que Descartes devait un jour accomplir.

L'idée de la Méthode est moins invraisemblable, car de l'ensemble du manuscrit se dégage bien l'impression que ces songes et ces visions se produisent à un tournant de la vie intellectuelle de Descartes, qu'il y est question d'une attitude nouvelle ou d'une nouvelle direction (Quod vitæ sectabor iter ?)... Si en même temps on remarque qu'ils semblent impliquer l'arrivée plus ou moins brusque de l'esprit de vérité dans l'âme de notre philosophe, on peut songer à une méthode nouvelle qui sera désormais celle de Descartes et qui le conduira à la Science universelle. C'est bien dans ce sens que nous conclurons tout à l'heure; mais à une condition qui nous rejettera tout de suite loin des interprétations classiques, c'est qu'il ne puisse être question de ce que sera proprement la Méthode de Descartes. On ne trouve évidemment rien dans les songes des *Olympica* qui autorise à parler de synthèse ou d'analyse, d'énumération complète, d'induction, de natures simples, et plus généralement on ne saurait penser à ces règles savantes, à ces démarches compliquées, qui seront formulées avec plus ou moins de précision soit dans le *Discours de la Méthode*, soit dans les *Regulæ*.

Peut-être, avant d'aller plus loin, faut-il faire ici une place à part à la Méthode, telle que l'a entendue Hamelin. Nous l'avons déjà dit, s'inspirant de l'exemple de F. de Careil qui croit au symbolisme des *Olympica*, Hamelin trouve dans quelques textes de ce manuscrit de quoi justifier l'hypothèse que Descartes a conçu le 10 novembre 1619 une sorte de caractéristique universelle. Ces textes sont les suivants :

1° « Ut imaginatio utitur figuris ad corpora concipienda, ita intellectus utitur quibusdam corporibus sensibilibus ad spiritualia figuranda, ut vento, lumine : unde altius philosophantes mentem cognitione possumus in sublime tollere. »

2° « Sensibilia apta concipiendis Olympicis : ventus spiritum significat, motus cum tempore vitam, lumen cognitionem, calor amorem, activitas instantanea creationem (1). »

Hamelin rapproche ces réflexions de la lettre à Mersenne, du 20 novembre 1629, où Descartes envisage la possibilité de fonder une langue universelle par la mise en ordre des idées et leur composition à l'aide d'éléments simples, se présentant de telle manière que toute la suite des pensées puisse se formuler aussi aisément que celle des nombres. Et l'on comprend qu'un esprit tel que Hamelin, chez qui la fermeté de jugement et le sens critique si aiguisé n'excluaient pas une certaine envolée, ait eu quelque joie à découvrir chez Descartes, en 1619, à travers les propos singuliers des *Olympica*, l'idée gigantesque de donner aux pensées un mode de composition qui puisse se représenter par des symboles mathématiques.

Je crois qu'il s'est trompé.

Même si la conception définie par la lettre à Mersenne de 1629 avait eu jamais aux yeux de Descartes l'importance que lui attribue Hamelin, — ce qui rendrait au moins étrange l'absence de toute autre allusion à cette idée soit dans le *Discours*, soit dans les *Regulæ*, soit dans la Correspondance, — les textes empruntés aux *Olympica* ne peuvent-ils se comprendre plus simplement ? Il y est question d'un moyen de concevoir les choses appelées ici *spiritualia*, là *Olympica*. Pourquoi d'abord vouloir que ces mots traduisent les idées, les pensées en général, par opposition aux choses corporelles ? Ne s'agit-il pas plutôt dans ces songes, où « l'esprit humain n'avait nulle part », de choses d'en haut, de choses divines ou céléstes ? Les exemples du vent et de la lumière, représentant l'un l'esprit et l'autre la connaissance, ne se trouvent-ils pas

(1) Ad. et T., t. X, p. 217 et 218.

justement dans l'interprétation que donne Descartes de ses visions ? Le vent qui le poussait contre l'Eglise était, on se le rappelle, le *malus spiritus*. Pour la lumière, c'est moins net : cependant la foudre arrivant brusquement était l'Esprit de vérité venant prendre possession de Descartes, et elle était suivie de l'apparition à travers la chambre d'étincelles de feu... Ces sortes de corrélations semblent d'ailleurs empruntées, non pas à quelque conception savante, mais au sens commun dans ce qu'il a de moins subtil. C'est instinctivement que, dans la phrase relative aux poètes, que nous avons citée déjà et sur laquelle nous aurons à revenir, Descartes compare les semences de science qui sont en nous aux étincelles qui jaillissent du silex : il ne sent même pas le besoin de le dire explicitement. « Sunt in nobis semina scientiæ, ut in silice... » La concision de ces derniers mots, qui n'ont même pas besoin d'être complétés pour être compris, a quelque chose d'éloquent et marque bien l'évidence naturelle avec laquelle la lumière correspond à la connaissance (1).

Les mêmes réflexions s'appliqueraient aux autres images : la vie représentée par un mouvement qui dure, l'amour par la chaleur, la création par une activité instantanée... Seulement ici nous sommes en présence d'exemples qui ne se retrouvent pas dans l'interprétation des songes. Faudrait-il donc voir là une préoccupation générale, dont l'intérêt dépasserait les incidents de la nuit du 10 novembre 1619, et qui tendrait peut-être à constituer une science des choses d'en haut, un mode général d'interprétation du langage céleste ? Ce n'est pas absolument impossible, et ce serait alors « la science admirable » dont Descartes aurait conçu les traits essentiels à l'occasion de son aventure ? Baillet n'aurait alors bien entendu absolument rien compris au manuscrit qu'il avait sous les yeux : ce ne serait pas une raison suffisante pour rejeter cette hypothèse, qui serait en elle-même moins invraisemblable que celle de Hamelin.

(1) D'ailleurs, la « Semina scientiae, ut in silice » — m'écrit Henri Bernès — est sans doute une réminiscence du « Semina flammae, Abstrusa in venis silicis » Virgilien ?

Mais tout de même se trouverait-on vraiment satisfait de cette explication ? Descartes a déjà touché aux sciences; nous savons aujourd'hui par le Journal de Beeckmann et par la correspondance avec ce Hollandais (A. et T., t. X) qu'il a échangé avec lui des vues assez élevées sur la chute des corps, qu'il a écrit pour lui un traité de musique, qu'il a le sentiment d'avoir déjà trouvé des choses originales sur les équations du 3e et du 4e degré, enfin qu'il a une large conception de ce que doit être la science de la quantité continue. Et il serait assez peu exigeant en matière de science pour parler des fondements d'une science admirable à propos de quelques remarques aussi simplistes sur le mode de représentation des *Olympica* par des images concrètes ? Rabaissée de la Caractéristique universelle à laquelle songeait Hamelin jusqu'à ce langage à peine au-dessus du sens commun le plus vulgaire, la représentation des *Olympica* passerait difficilement à nos yeux pour la grande découverte dont Descartes notait solennellement la date au début de son manuscrit.

D'autant que ces textes empruntés aux *Olympica* trouveraient peut-être une explication suffisante à être rapprochés de la réflexion relative aux poètes, comme ils en sont rapprochés en fait dans les Inédits (A. et T., t. X, p. 217). Les poètes, qui procèdent par images, savent exprimer les choses d'en haut auxquelles ils s'élèvent par l'enthousiasme, en utilisant justement ces corrélations si naturelles.

Il nous semble résulter de ces remarques que ce que nous avons à retenir des *Olympica*, en ce qui concerne la représentation des choses célestes par les choses sensibles, vise en général ceux qui connaissent l'enthousiasme, l'inspiration divine, comme les poètes, — et vise en particulier Descartes qui, dans la nuit du 10 novembre 1619 a eu le sentiment d'avoir, par l'intermédiaire de ses visions, le contact direct des choses célestes. Mais si nous pouvons être aidés par là à chercher le grand fait nouveau où Descartes voyait « les fondements de la science admirable », c'est moins en nous arrêtant au mode de traduction des songes qu'à leur signification dernière.

Or, il est difficile de ne pas voir dans l'interprétation qu'en donne Descartes au moins un encouragement de

Dieu à suivre désormais certaine voie. Sans parler du premier songe qui, aux yeux de Descartes, vise le passé, nous le voyons, dès le second, possédé de l'Esprit de vérité ; et le troisième, le plus important assurément, n'indiquerait-il pas à quoi et comment il pourra désormais s'appliquer ? L'objet poursuivi ne serait rien de moins que l'ensemble de toutes les sciences, représenté par le Dictionnaire. Mais les conseils de sagesse viendraient des poètes, bien plus capables que les philosophes et les prétendus savants de nous montrer la route à suivre, de nous amener à discerner le vrai du faux, de nous conduire enfin à la vraie science, — à la science admirable, par opposition à celle des philosophes, — par l'inspiration, par l'imagination spontanée, tandis que ceux-là procèdent par la raison, c'est-à-dire ici évidemment par la raison raisonnante. Nous avons en nous des germes de science : les procédés logiques des philosophes essaient de les faire sortir ; l'inspiration, l'activité spontanée de l'âme les ébranlent fortement et les font briller d'un bien plus vif éclat. Nul doute qu'avant la nuit du 10 novembre 1619, Descartes ne préférât de lui-même, dans la recherche de la vérité scientifique, l'élan spontané de son imagination et de son intelligence à l'enseignement de l'Ecole ; mais désormais ces idées révolutionnaires, subversives, en apparence au moins, et où risquait d'entrer l'orgueil, — où peut-être il pouvait voir le mauvais esprit le poussant vers « le Temple », — ces idées n'étaient-elles pas consacrées par Dieu même ? N'était-ce pas comme si Descartes eût entendu ce conseil divin : « Va, l'ensemble de toutes les sciences tu dois l'édifier par toi-même ; imite en cela les poètes, fie-toi comme eux à ton inspiration ; laisse de côté l'enseignement des livres ; les germes de science qui sont en toi se développeront spontanément et tu doteras l'humanité de la science universelle » ?

Si notre hypothèse se tient, si elle est acceptable, nous comprendrons du moins que prenant note de cette date, Descartes ait pu rappeler que ce jour-là il trouvait, à travers les visions de son « enthousiasme », les fondements de la véritable science, de celle qui mérite notre admiration.

***

Mais le récit de Baillet, qu'il a fallu parfois interpréter lui-même pour aboutir à cette explication, n'est pas le seul document qui nous renseigne sur les premières démarches de la pensée de Descartes : ouvrons le *Discours de la Méthode* que l'on n'a pas toujours analysé d'assez près, et voyons s'il ne vient pas précisément confirmer nos conclusions.

Le début de la deuxième partie fixe l'arrivée de Descartes dans son fameux poêle au commencement de l'hiver 1619-1620. Nous y lisons, en effet, qu'il revenait des fêtes du couronnement de l'empereur (qui, nous le savons, avaient eu lieu à Francfort, du 28 juillet au 9 septembre 1619) quand « le commencement de l'hiver l'arrêta en un quartier où ne trouvant aucune conversation qui le divertît, il demeurait tout le jour enfermé seul dans un poêle, où il avait tout loisir de s'entretenir de ses pensées ». D'autre part, dans la troisième partie, à propos des opinions dont il pouvait alors librement entreprendre de se défaire, il dit : « Et d'autant que j'espérais en pouvoir mieux venir à bout en conversant avec les hommes qu'en demeurant plus longtemps enfermé dans le poêle où j'avais eu toutes ces pensées, l'hiver n'était pas encore bien achevé que je me remis à voyager. » Le commencement de l'hiver capable d'arrêter Descartes, nous pouvons à peu près le fixer aux premiers jours de novembre 1619, et si l'hiver n'était pas complètement achevé quand il se remit à voyager, ce devait être approximativement en mars 1620. Or, le *Discours* nous donne l'exposé détaillé de toutes les pensées qu'il eut dans cet intervalle de quatre à cinq mois. En le suivant pas à pas, nous verrons peut-être quelles sont celles de « ces pensées » dont on peut le plus raisonnablement placer la date au 10 novembre 1619.

Vers la fin de la première partie, Descartes écrit : « Sitôt que l'âge me permit de sortir de la sujétion de mes Précepteurs, je quittai entièrement l'étude des lettres ; et me résolvant de ne chercher plus d'autre science que celle qui se pourrait trouver en moi-même ou bien dans le grand livre du monde, etc. » Ces mots n'ont pas le sens

qu'on serait tenté de leur donner à première vue, et ne sont qu'un résumé rétrospectif des résolutions qui devaient être prises au cours de quelques années. En fait, la suite du texte montre clairement que la première résolution fut de voyager, et la seconde, *quelques années plus tard*, d'étudier en lui-même. Descartes, en effet, après avoir insisté sur l'utilité de ses voyages, mais aussi sur la limite des profits intellectuels qu'il en tirait, termine la première partie du *Discours* par cette déclaration qui ne laisse subsister aucune ambiguité : « Mais après que j'eus employé quelques années à étudier ainsi dans le livre du monde, et à tâcher d'acquérir quelque expérience, je pris un jour résolution d'étudier aussi en moi-même, et d'employer toûtes les forces de mon esprit à choisir les chemins que je devais suivre. Ce qui me réussit beaucoup mieux, ce me semble, que si je ne me fusse jamais éloigné, ni de mon pays ni de mes livres. »

C'est tout de suite après ces mots que Descartes dit : « J'étais alors en Allemagne, et comme je retournais du couronnement de l'empereur... le commencement de l'hiver m'arrêta... » Autant dire que cette grave décision du philosophe de chercher la science en lui-même a pour date celle de son installation dans le poêle... Elle s'accompagne de réflexions sur les ouvrages auxquels un seul travaille, et c'est en propres termes que Descartes nous dit : « Entre lesquelles (pensées) l'une des premières fut que je m'avisai de considérer que souvent il n'y a pas tant de perfection dans les ouvrages... faits de la main de divers maîtres, qu'en ceux auxquels un seul a travaillé ». Une fois conçu, le projet de reconstruire seul l'édifice des sciences, le désir lui vient tout naturellement de mettre en doute les opinions qu'il avait acquises jusque-là sur toutes choses. Mais il sent aussitôt le besoin de n'être pas trop radical dans ce doute tant qu'il n'a pas pour se guider une méthode sûre. « Même je ne voulus point commencer à rejeter tout à fait aucune des opinions qui s'étaient pu glisser autrefois en ma créance sans y avoir été introduites par la raison, que je n'eusse auparavant employé assez de temps à faire le projet de l'ouvrage que j'entreprenais, et à chercher la vraie méthode pour parvenir à la connaissance de toutes les choses dont mon esprit serait capa-

ble. » On ne saurait dire plus clairement qu'assez de temps s'écoula entre la première résolution de Descartes et la découverte de la Méthode. Nous le voyons d'ailleurs, d'après son récit, pendant cette période plus ou moins longue de recherche, scruter quelques-unes des parties de la philosophie et des mathématiques qui pourraient peut-être lui servir, la Logique, l'Analyse des géomètres, l'Algèbre. L'examen qu'il en fait, les remarques qu'elles lui suggèrent aboutissent à cette conclusion qu'aucune des trois ne convient pour la méthode qu'il cherche, mais que celle-ci pourrait profiter de leurs avantages, après quoi il est conduit à énoncer les quatre règles que contient le *Discours*. Armé de ces principes, Descartes tourne sa pensée du côté des Mathématiques ; il conçoit ce qu'il appelle sa Mathématique universelle, est amené à représenter par des lignes ce que nous nommerions aujourd'hui les fonctions simples, et à réformer à l'aide de lettres et d'exposants l'écriture algébrique. Puis il s'attaque à des problèmes qu'il n'avait pu résoudre autrefois, très probablement (je ne m'arrête pas ici aux raisons qui justifient mon opinion), aux problèmes de la construction des racines des équations du 3e et du 4e degré ; — il est assez heureux pour trouver les solutions qui le satisfont pleinement. Et voici atteints, après quatre ou cinq mois de méditation, les premiers jours de mars 1920. Descartes estime lui-même à deux ou trois mois le dernier temps consacré aux travaux mathématiques, ce qui nous ramène à peu près à la fin de décembre 1619 ou au commencement de janvier 1620 pour la date de la découverte de la Méthode, et donnerait environ six semaines pour la durée des recherches qui avaient abouti à la Méthode et dont Descartes avait dit qu'elles devaient exiger « assez de temps ». Si l'on juge que tout cela se tient assez bien, il faut conclure du récit de Descartes que la date du 10 novembre 1619 a bien peu de chances d'être celle de la découverte de la Méthode, et moins encore de correspondre aux travaux mathématiques qui l'ont suivie, tandis qu'au contraire elle conviendrait plus raisonnablement à la très grave résolution de Descartes de tirer désormais la Science universelle de sa propre inspiration. Aucune allusion, il est vrai, n'est faite à la crise mystique qui encouragea cette résolution. Mais qui

songerait sérieusement à s'en étonner ? A distance, les incidents qui avaient marqué cette crise pouvaient ne plus produire sur Descartes la même impression. Ou encore, — et j'inclinerais plutôt vers cette explication, — s'il croyait toujours au caractère divin de ses fameux songes, il préférait en garder pour lui seul le souvenir intime, se souciant peu de livrer à la critique des théologiens un état d'Enthousiasme qu'ils eussent probablement jugé assez peu orthodoxe. Mais au moins ce qui peut nous frapper, c'est combien, même dix-huit ans plus tard, Descartes sent encore la gravité de sa décision, quels soins il prend pour la faire accepter, de quelles comparaisons et de quels appels à l'histoire il fait précéder sa fameuse déclaration : « Et ainsi les sciences des livres... ne sont point si approchantes de la vérité que les simples raisonnements que peut faire un homme de bon sens touchant les choses qui se présentent. » Et plus loin : « Il est presque impossible que nos jugements soient si purs ni si solides qu'ils auraient été si nous avions eu l'usage entier de notre raison dès le point de notre naissance, et que nous n'eussions jamais été conduits que par elle. » Où, bien entendu la raison n'est plus la raison raisonnante des philosophes et des savants de l'Ecole dont il était question dans les *Olympica*, — mais bien une sorte de flair naturel, d'inspiration spontanée, qui nous conduit à la vérité.



Si je ne me suis pas trompé, et si tout à fait au début du mouvement de sa pensée, Descartes a cru recevoir de Dieu un encouragement direct à suivre la voie où d'instinct il se sentait manifestement attiré, cela a peut être un autre intérêt que de corriger une erreur d'interprétation classique à propos des *Olympica :* la physionomie de Descartes n'en reçoit-elle pas un trait nouveau dont doivent tenir compte ceux qui cherchent à le bien connaître ? Pour ma part, je vois là d'abord volontiers de quoi augmenter dès sa jeunesse la confiance que notre philosophe devait avoir en lui-même, de quoi peut-être expliquer en partie son immense orgueil, et sa foi dans la mission qu'il croit se reconnaître de construire pour l'humanité l'édifice

entier des sciences. — D'un autre côté, l'homme qui, à vingt-trois ans, a cru aussi aisément être à travers ses songes en communication avec Dieu lui-même, m'apparaît avec une âme plus naïvement religieuse, plus simple, moins compliquée qu'on n'est généralement disposé à le croire : j'ai pour ma part désormais moins de tendance, surtout dans les questions où Dieu est en jeu, à voir chez lui les artifices, les précautions, les arrière-pensées...

Et enfin si le manuscrit des *Olympica*, sans avoir la haute signification que F. de Careil et Hamelin lui ont attribuée, cesse pourtant d'être uniquement le récit d'une crise de mysticisme, sur laquelle on préfère ne pas insister, s'il fait connaître un des moments les plus graves de la vie intellectuelle de Descartes, n'est-il pas intéressant d'y trouver déjà certaines tendances qui expliqueront mieux plus tard sa Métaphysique ? Je veux parler surtout du rôle de l'inspiration, de l'imagination spontanée, de l'intuition, de la lumière naturelle, en même temps que du besoin que sentait déjà Descartes de la garantie de Dieu, même quand jaillissent de nous,comme du silex, les étincelles de vérité. Quand on rencontrera plus tard le cercle cartésien, on se demandera quel est celui des deux principes qui est premier de la lumière naturelle qui prouve Dieu ou de Dieu qui en garantit la valeur, les *Olympica* nous aideront peut-être à sortir de la difficulté, puisque nous y voyons Descartes découvrir les germes de sciences qui sont en lui, non pas du jour où il tentait déjà de s'en fier à eux spontanément — ou peut-être sous la poussée du *malus spiritus*, dont il parle, — mais seulement du jour où à travers ses songes il a entendu Dieu lui dire qu'ils le conduiraient à la Science universelle.

———— ——

CHAPITRE III

L'ŒUVRE DE DESCARTES PENDANT L'HIVER 1619-1620

I

La Méthode et la Mathesis

On sait, d'après le discours de la Méthode, que Descartes revenant du couronnement de l'empereur Ferdinand II à Francfort (juillet-septembre 1619) prit ses quartiers d'hiver en un lieu qu'il ne désigne pas, mais qui très probablement est la ville d'Ulm ou quelque point des environs. S'étant enfermé dans son « poêle », comme il dit lui-même, il y resta environ cinq ou six mois, puisqu'il en repartit, toujours d'après son propre témoignage, un peu avant la fin de l'hiver. Que pouvons-nous savoir du travail qu'il accomplit là ? C'est à cette question que je voudrais répondre, me laissant guider par le récit du Discours et par quelques vraisemblances.

Le manuscrit des *Olympica* que nous connaissons par Baillet nous apprend que le 10 novembre, c'est-à-dire très peu après son installation dans le « poêle », Descartes, en pleine crise d'enthousiasme. a eu le sentiment d'être en communication avec Dieu, et a probablement cru voir approuvée et encouragée par lui son intention de fermer désormais les livres des savants et des philosophes, et de tâcher d'élever avec ses propres forces l'édifice des connaissances humaines. Pour cela, il choisit d'abord une Méthode, destinée à guider dans toutes les directions

l'esprit en quête de vérité. Les *Regulæ ad directionem ingenii* nous en font connaître le détail, dès 1628 environ (1). Le discours en dégage l'essentiel et l'exprime en quelques règles bien connues.

La première, la règle de l'évidence, s'oppose, comme on l'a dit si souvent, au principe de l'autorité, mais elle implique, aux yeux de Descartes, quelque chose de plus. Les *Regulæ* insistent, quand il s'agit de nos moyens de connaître, sur le rôle primordial et même presque exclusif de l'intuition. Nous usons bien en outre de la déduction, mais celle-ci n'est autre chose qu'une suite continue d'actes d'intuition. Une lumière naturelle éclaire notre esprit qui prend directement, immédiatement, possession de certaines vérités, et, en particulier, sans pouvoir se tromper dans les démarches successives de la déduction. Ce n'est pas seulement le principe d'autorité qui se trouve ici combattu, c'est aussi le secours de la Logique qui est énergiquement refusé. Ses règles servent plutôt à expliquer à autrui les choses qu'on sait, ou même, comme l'art de Lulle, à parler sans jugement et abondamment de celles qu'on ignore, qu'à les apprendre. Les *Regulæ*, plus encore que le Discours, marquent l'aversion de Descartes à l'égard des dialecticiens et de leur prétention de régir la raison, de contrôler la justesse des déductions, de se substituer à la lumière naturelle, à l'intuition spontanée.

Il est à peine besoin de remarquer à quel point ce langage de Descartes est celui d'un esprit qui s'est déjà surtout exercé aux mathématiques, et a eu déjà le sentiment de ce qu'il y a d'intuitif, d'évident, de naturel, de spontané, dans les déductions des géomètres, en même temps qu'il a éprouvé lui-même l'efficacité de ces déductions, puisqu'il pense avoir fait en peu de jours (mars 1619) les plus intéressantes découvertes.

La seconde règle se complète dans les *Regulæ*. Descartes demande non seulement de décomposer les difficultés à résoudre, ou les objets à connaître, mais encore et surtout de pousser la décomposition jusqu'aux éléments les plus simples, jusqu'à ce qu'il appelle les natures sim-

(1) M. Adam (tome X de la grande édition, p. 486) a donné des raisons décisives de la fixation de cette date.

ples, ou encore les absolus. De pareils éléments sont saisis directement et complètement par l'intuition, et, une fois résolues toutes les questions qui peuvent se poser à propos de ces natures simples, il n'y a plus qu'à passer peu à peu et par degrés aux choses qu'elles aident à former et qui sont de plus en plus complexes, selon la troisième règle dont le but essentiel est d'appuyer sur la nécessité de l'ordre à suivre dans ces recherches. Enfin, et ici encore les *Regulæ* apportent un commentaire instructif, Descartes attache la plus grande importance à une opération qu'il nomme *enumeratio sive inductio*, et par laquelle il demande d'apporter particulièrement tous ses soins au cas où le chemin déductif se complique et s'élargit par le nombre des données simultanées d'où doit se dégager la conclusion : il faut recueillir tout ce qui peut être utile à la recherche entreprise, et ne rien omettre du tableau d'ensemble des données, afin de tirer de leur vue simultanée la solution poursuivie.

Que tout cela s'éclaire encore par le rapprochement des procédés habituels aux mathématiciens, c'est ce qui saute aux yeux les moins avertis. Mais en même temps Descartes a en vue toutes les recherches possibles dans n'importe quel ordre d'idées, et il ne doute pas que les procédés qui réussissent si bien en mathématiques ne puissent conduire l'homme à la connaissance universelle. « Ces longues chaînes de raisons toutes simples et faciles, dont les géomètres ont coutume de se servir, pour parvenir à leurs plus difficiles démonstrations, m'avaient donné occasion de m'imaginer que toutes les choses qui peuvent tomber sous la connaissance des hommes s'entre-suivent en même façon, et que pourvu seulement qu'on s'abstienne d'en recevoir aucune pour vraie qui ne le soit, et qu'on garde toujours l'ordre qu'il faut pour les déduire les unes des autres, il n'y en peut avoir de si éloignées auxquelles enfin on ne parvienne, ni de si cachées qu'on ne découvre. » (*Discours*, deuxième partie.)

A lire certains passages du *Discours*, la principale utilité des mathématiques serait d'exercer l'esprit à la bonne méthode : « Considérant qu'entre tous ceux qui ont ci-devant recherché la vérité dans les sciences, il n'y a eu que les seuls mathématiciens qui ont pu trouver quel-

ques démonstrations, c'est-à-dire quelques raisons certaines et évidentes, je ne doutais point que ce ne fût par les mêmes qu'ils ont examinées [qu'il fallait commencer], bien que je n'en espérais aucune autre utilité, sinon qu'elles accoutumeraient mon esprit à se repaître de vérités, et ne se contenter point de fausses raisons. » (*Idem.*) Les mathématiques ne donneraient donc qu'une sorte d'enseignement formel à qui cherche la vraie méthode. Et cette impression est si courante que, lorsqu'on voit Descartes faire appel à l'*Analyse* des géomètres, on entend ordinairement qu'il a en vue le mode de recherche et de démonstration usité en mathématiques, à savoir celui qui remonte de l'inconnue supposée connue jusqu'aux vérités démontrées ou évidentes. Hamelin, par exemple, insiste sur le sens de ce mot *Analyse* employé par Descartes. Il ne veut pas qu'on y voie une partie de la science mathématique, mais bien la méthode dite proprement analytique (1), celle qui s'oppose chez les géomètres grecs à la méthode synthétique de démonstration. C'est bien là assurément l'origine du terme d'*Analyse* employé pour désigner cette partie des sciences géométriques dont la presque totalité de la collection de Pappus nous offre le contenu ; il y est question en réalité, sous l'appareil géométrique, de problèmes quantitatifs à résoudre plus que de théorèmes à établir, et la méthode dite analytique est celle qui y domine. Mais si on peut expliquer ainsi l'origine de la dénomination employée déjà couramment par Descartes (comme par nous-mêmes aujourd'hui pour désigner tout un domaine de mathématiques pures), il s'agit bien pour lui comme pour nous de ce domaine lui-même, et non pas seulement des procédés logiques qui y sont utilisés.

Mais pourquoi donc alors, quand il veut trouver sa méthode, Descartes pense-t-il qu'il pourra être aidé par cette analyse des géomètres anciens et par l'algèbre ? A ne considérer que les règles essentielles dégagées dans le discours, — postulant simplement l'évidence, la réduction au simple, l'ordre, l'énumération complète — n'importe quelle branche des mathématiques, les *Eléments*

(1) Système de Descartes, p. 55.

d'Euclide, par exemple, ne lui eût-elle pas fourni tout ce qu'il pouvait souhaiter ? Les *Regulæ* sur ce point apportent plus de clarté. Le commentaire de la règle IV nous dit très nettement ce que Descartes va demander aux géomètres anciens tels que Pappus et aux algébristes qui suivent la tradition de Diophante. « Satis advertimus veteres geometras analysi quadam usos fuisse, quam ad omnium problematum resolutionem extendebant, licet eamdem posteris inviderint. Et jam viget arithmeticæ genus quoddam, quod algebram vocant, ad id praestandum circa numeros, quod veteres circa figuras faciebant. Atque haec duo nihil aliud sunt, quam spontaneae fruges ex ingenitis usus methodi principiis notae... » (1). Spontanément, grâce à un « nescio quid divini », ou à des « semina » jetés dans l'esprit de l'homme, dont Descartes parlait quelques lignes plus haut (et dont l'idée est déjà apparue dans les *Olympica*), les anciens ont usé tout naturellement, sans nous la faire connaître, d'une analyse où Descartes veut voir déjà ce qu'il va nommer la mathesis : « Plane suspicatus sum quamdam eos mathesim agnovisse valde diversam a vulgari nostræ aetatis... Et quidem hujus verae matheseos vestigia quaedam adhuc apparere mihi videntur in Pappo et Diophanto (2). » Or, Descartes va nous dire ce qu'il entend par la mathesis ou encore par la mathesis universalis : c'est la science qui aura pour objet les pures relations quantitatives, et de laquelle dépendront toutes celles (arithmétique, géométrie, astronomie, musique, optique, mécanique, et plusieurs autres) qui étudient les quantités spécialement réalisées dans des nombres ou dans des grandeurs concrètes. Et voilà donc alors ce qui fait aux yeux de Descartes le prix de l'analyse des anciens et de l'algèbre. Elles ne vont pas seulement lui donner les procédés extérieurs de la méthode, lui offrir l'exemple édifiant de longues chaînes de raisons toutes simples et faciles, ou « accoutumer son esprit à se repaître de vérités, et ne se contenter point de fausses raisons ». Elles contiennent en outre, comme un noyau qu'elles enveloppent, mais que Descartes saura bien déga-

(1) Ad. et T., t. X, p. 373.
(2) *Id.*, p. 376.

ger, le commencement de la véritable science, à savoir la science des relations quantitatives, abstraction faite des choses diverses où il peut y avoir lieu de les envisager. Chercher à construire cette science, cette mathesis, cette mathématique universelle, en se reportant justement à ce qui en est l'enveloppe naturelle, c'est-à-dire à la fois à l'analyse des anciens et à l'algèbre des modernes, mais en les corrigeant, et les libérant l'une des figures qui l'encombrent, l'autre des complications de l'écriture, ce sera bien pour Descartes suivre les règles de sa méthode, puisque ce sera aller droit aux choses les plus simples, mais ce sera aussi et surtout donner à l'édifice de la science universelle sa base la plus sûre. Les *Regulæ* posent déjà en effet le mécanisme de Descartes dans ses traits essentiels, donnant la grandeur étendue, la grandeur figurée, comme devant naturellement représenter toutes les qualités sensibles et concrètes. Dans ce sens moins extérieur, autrement important, on peut dire avec plus de raison encore que la mathesis poursuivie par Descartes ne sera pas seulement conforme à sa méthode, mais se confondra avec elle ; et cela est si vrai qu'à lire attentivement le long commentaire de la règle IV, on a peine parfois à discerner s'il est question de la méthode, au sens général du mot, ou de la mathesis.

Quoi qu'il en soit, — et le *Discours* en apporte aussi le témoignage, — la considération de cette mathématique universelle est le premier souci de Descartes, une fois énoncées les règles de la méthode ; ou mieux peut-être, d'après les remarques qui précèdent, elle est moins une application des règles fameuses que la mise en œuvre de la méthode elle-même, se manifestant non pas seulement dans sa forme, mais aussi dans sa matière, pour constituer la première et fondamentale assise de la science cartésienne.

En quoi consiste la réforme que suppose cette création de Descartes ? « Je pensai, dit-il dans le *Discours* à propos des relations et proportions en général, que, pour les considérer mieux en particulier, je les devais supposer en des lignes, à cause que je ne trouvais rien de plus simple, ni que je pusse plus distinctement représenter à mon imagination et à mes sens... » Quel est le lecteur qui,

ayant pour la première fois ces mots sous les yeux, n'a cru un instant qu'il s'agissait ici de l'idée fondamentale de la géométrie analytique, et de la représentation des relations quantitatives, ou, comme nous disons aujourd'hui, des fonctions, à l'aide de lignes courbes ? La traduction latine, où Descartes a ajouté le mot *rectis* à la suite du mot *lineis*, suffit à écarter pareille interprétation. Il veut dire simplement que la longueur a été choisie par lui comme le support de toute quantité ou combinaison de quantités. Le début de la géométrie indique nettement comment une longueur peut représenter, non pas seulement une somme ou une différence, ce qui va de soi, mais aussi un produit, un quotient, une racine carrée, etc. Si a, b désignent deux longueurs, Descartes prendra pour le produit $a\,b$ la longueur x telle que, u étant la longueur unité, on ait $\frac{u}{a} = \frac{b}{x}$. Le quotient de a par b sera de même défini par la proportion $\frac{u}{b} = \frac{x}{a}$. Enfin la racine carrée de a sera la moyenne proportionnelle entre les deux longueurs a et u. Inutile d'ajouter que $a \times a$, $a \times a \times a$, etc..., ou, comme écrira simplement Descartes, a^2, a^3,... ne représenteront de même que des longueurs comme a.

Ainsi peuvent disparaître ces combinaisons hétérogènes, et échappant bientôt aux exigences de l'imagination, que les anciens traînaient dans leurs recherches mathématiques et que les algébristes modernes avaient consacrées par des noms spéciaux : carrés, cubes, carrés-carrés, carrés-cubes, etc. Descartes nous dit dans les *Regulæ* (XVI) que lui-même les avait maniées assez longtemps, avant de s'apercevoir combien tout devenait plus simple et plus facile quand on y renonçait, et qu'on se refusait à voir sous tous ces mots autre chose qu'une longueur [ou une surface, ajoute-t-il dans les *Regulæ*, tandis qu'il n'est question que de longueur dans le *Discours* (1)].

(1) Remarquons cette indétermination que laissent subsister les *Regulæ*. Elle montre d'abord que la décision de Descartes n'a pas eu, dès 1620, la netteté et la précision qu'offre le début de la géométrie en 1637. L'essentiel pour lui avait sans doute toujours été de représenter par une étendue figurée simple les constructions compliquées des géomètres, qui prétendaient conserver à la géométrie des combinaisons de 3, 4... n dimensions. Mais du moins, en 1628, il n'ajoute aucune impor-

Là ne se bornait pas la réforme de Descartes. Quand il s'agissait non plus seulement de représenter le résultat d'une combinaison quantitative de longueurs, mais de former une expression algébrique contenant une suite de ces combinaisons, quand il s'agissait « de les retenir, de les comprendre plusieurs ensemble » pour parler comme Descartes, Descartes « les expliquait » par les notations les plus simples. Des lettres ordinaires devaient désormais désigner toutes les grandeurs, connues ou inconnues, et les signes si compliqués qui représentaient encore

tance à ce que le choix porte, pour y suppléer, sur la longueur ou sur le rectangle. Il dit (règle XVIII) qu'au fond cela revient au même, si le rectangle s'obtient en donnant l'unité comme deuxième dimension à la longueur trouvée pour représenter une combinaison de lignes.

A y regarder de près, d'ailleurs, entre la position des *Regulæ* et celle du Discours, il ne semble pas y avoir la distance qu'on a vue parfois. D'abord, même si l'on songe au rectangle pour le produit $a \times b$, par exemple, il faut absolument (règle XVIII) substituer à ce rectangle une longueur, dès qu'on veut passer de $a \times b$ à $a \times b \times c$; de sorte qu'en somme, dès 1628, c'est le rôle de la longueur qui l'emporte : elle est le seul des deux éléments figurés qui puisse toujours servir, le rectangle n'intervenant, si l'on y tient, que par intermittence. On peut ensuite chercher à comparer les définitions que Descartes donne, dans les *Regulæ* et dans la Géométrie, de la longueur représentative d'un produit ou d'une puissance. La dernière partie de la règle XVIII donne pour le produit $a \times b$ d'abord le rectangle de dimensions a et b, puis, comme longueur, la ligne qui, avec l'unité comme deuxième dimension, formerait un rectangle équivalent au premier. Cette ligne est bien celle évidemment à laquelle conduit la règle de 1637, mais le procédé pour la construire, s'il parle davantage aux yeux, est moins simple. Y aurait-il là quelque différence appréciable entre les dispositions de Descartes à ces deux moments ? C'est possible, du seul fait que ces considérations des *Regulæ* ne paraissent plus en 1637. Du moins, cela pourrait tenir à ce que Descartes, quand il publie sa Géométrie, sent moins le besoin de tout éclaircir pour l'imagination. Mais dans les pages qui précèdent, quand il remontait aux définitions fondamentales des produits ou des puissances, il écrivait déjà dans les *Regulæ* : « Maxime igitur notandum est radicem, quadratum, cubum, et nihil aliud esse quam magnitudines continue proportionales, quibus semper praeposita esse supponitur unitas... : ad quam unitatem prima proportionalis refertur immediate et per unicam relationem ; secunda vero, mediante prima, atque idcirco per duas relationes, etc. Vocabimus ergo deinceps primam proportionalem magnitudinem illam, quæ in algebra dicitur radix ; secundam proportionalem illam quæ dicitur quadratum, et sic de caeteris. » (*).

Y a-t-il là exactement indiquée la définition des puissances, celle, par conséquent, des produits de longueur, telle que la donnera la géométrie ? Ce n'est pas absolument sûr ; on aurait peine à comprendre, s'il en était ainsi, pourquoi Descartes continuait à regarder encore

(*) Ad. et T., t. X, p. 457.

chez tous les algébristes les puissances d'une quantité allaient être remplacés par les chiffres 2, 3, 4... écrits en exposants.

Descartes pouvait dire très justement, en parlant de la réforme ainsi réalisée en mathématiques, qu'il avait emprunté tout le meilleur de l'analyse géométrique et de l'algèbre, et corrigé tous les défauts de l'une par l'autre. Si l'on veut se rendre compte de l'œuvre accomplie, il suffit de jeter les yeux sur quelque ouvrage de mathématiques du XVI[e] ou même du XVII[e] siècle, et de comparer la

comme acceptable l'idée de les remplacer par des rectangles. Un autre passage de la règle XVIII nous apporte peut-être ici un éclaircissement ; c'est celui où Descartes, à propos du produit $a \times b$ défini par la proportion

$$\frac{u}{a} = \frac{b}{(ab)}$$

distingue les degrés des termes qui la forment : l'unité étant du premier degré, a et b étant du second, et enfin le produit $(a\ b)$ du troisième (Ad. et T., t. X, p. 463). L'idée même de cette distinction tombera naturellement avec les constructions de 1637, du fait qu'il y aura homogénéité entre les quatre longueurs qui sont en proportion continue, depuis la longueur unité jusqu'à celle qui représentera le produit. Si le rectangle peut encore en 1628 représenter le produit, c'est que Descartes n'a pas franchi encore le tout dernier pas qui l'amènera à poser l'homogénéité parfaite entre les quatre termes. En tous cas, ce qu'on peut affirmer, c'est qu'il n'y a pas très loin des définitions des *Regulæ* à celles de 1637, et s'il en fallait une dernière preuve, on la trouverait dans le récit du discours qui reporte à l'hiver de 1619-1620 — sans tenir aucun compte des nuances signalées — l'idée de représenter par une longueur toute combinaison de quantités.

Le journal de Beeckmann pour l'année 1628 nous apporte un spécimen de l'algèbre de Descartes qui confirme, sur le point dont il vient d'être question, le témoignage des *Regulæ*. Descartes y représente par des rectangles ou aussi par des lignes toutes simples les puissances successives, racine, carré, cube, carré-cube, etc. [*Idem*, p. 433]. Mais Beeckmann ajoute ici un détail curieux sur une tentative de Descartes de donner un sens réel et concret aux puissances qui dépassent le cube. Imaginons, dit-il en substance, un cube de bois avec ses trois dimensions ; le carré-carré pourrait se concevoir comme le cube précédent transformé en cube de pierre, avec une dimension de plus ; une nouvelle dimension appliquée au cube de pierre donnerait le cube de fer ; puis le cube d'or, etc...., les qualités qui s'ajoutent chaque fois n'étant pas seulement relatives au poids, mais à la couleur, et à toutes sortes d'autres caractères. Comme une section du cube de bois peut donner un carré, une section du cube de fer, en le dépouillant de la dimension qui constituait sa ferréité ferait revenir au cube de bois, et ainsi de suite. Cet effort pour étendre au monde de la qualité même les constructions géométriques qui ne représentent rien à l'imagination, montre au moins qu'en 1628 Descartes n'avait pas rompu aussi radicalement qu'il devait le faire en 1637 avec les vieilles formes que sa représentation définitive des puissances à l'aide de longueurs écartait à jamais à la fois de l'Analyse des Anciens et de l'Algèbre des Modernes.

lourdeur et la difficulté de la lecture à l'aisance avec laquelle on lit la *Géométrie* de Descartes.

Ce résultat est dû surtout, il est vrai, à la simplification de l'écriture algébrique. Etait-il indispensable, pour qu'il fût atteint, que toute expression algébrique (produit, quotient, racine) fût une longueur ? N'arrivons-nous pas à un résultat semblable par un autre mode d'intervention de l'unité qui nous permet de substituer à chaque ligne sa mesure numérique, l'unité de longueur restant d'ailleurs généralement arbitraire ? Sans doute, mais c'est que depuis Descartes l'infini a de plus en plus pénétré dans la pensée mathématique, que le continu des nombres ne nous effraie plus, que nous nous comprenons quand nous parlons de « toutes les valeurs » comprises entre deux valeurs déterminées, zéro et un, par exemple, et que par conséquent nous ne sentons plus le besoin de construire une longueur pour représenter la quantité continue. Au fond, nous faisons cette construction sans y penser, car le continu des nombres, ou, par exemple, l'ensemble de « toutes les valeurs » comprises entre zéro et un, en dépit des efforts qui ont été faits pour en donner une définition logique, n'a probablement pas d'autre sens précis que celui qu'il tire de toutes les déterminations dont est susceptible une longueur variant d'une manière continue. Mais en tous cas nous ne voulons plus que notre analyse soit entachée de cet emprunt à l'intuition, et manie autre chose que des nombres. Descartes, lui, n'avait pas franchi cette dernière étape, et en cela il était conséquent avec ce désir, dont témoignaient déjà ses recherches de 1619, d'imiter les géomètres grecs en substituant, dans la résolution des équations, des longueurs aux formules numériques.

***

Cette dernière remarque touche d'ailleurs à une question plus générale : dans quelle mesure Descartes, par la réforme que nous venons de résumer, a-t-il été novateur ? dans quelle mesure ses efforts rentrent-ils dans le cours normal des idées de son temps ?

Que la réforme soit étroitement liée à la méthode, et

par conséquent qu'elle soit l'œuvre du génie propre de Descartes, qu'elle réponde à ses besoins intellectuels, qu'elle se rattache à sa tournure d'esprit, à tout ce qui fait la personnalité de sa pensée, je crois qu'après les réflexions qui précèdent, ce n'est plus à prouver. Mais ce n'est pas une raison pour qu'elle sorte de l'histoire et apparaisse comme un commencement absolu. Et justement, je crois avoir montré, que sur ce point comme sur tant d'autres, l'essentiel de la réforme de Descartes vient tout naturellement se placer à la suite des efforts de ses contemporains (1).

II

Les premiers travaux d'Analyse et de Géométrie

Revenons maintenant au récit historique du Discours : « Comme en effet, dit Descartes, j'ose dire que l'exacte observation de ce peu de préceptes que j'avais choisis me donna telle facilité à démêler toutes les questions auxquelles ces deux sciences (l'Analyse Géométrique et l'Algèbre) s'étendent, qu'en deux ou trois mois que j'employai à les examiner, ayant commencé par les plus simples et plus générales, et chaque vérité que je trouvais étant une règle qui me servait après à en trouver d'autres, non seulement je vins à bout de plusieurs que j'avais jugées autrefois très difficiles, mais il me sembla aussi vers la fin que je pouvais déterminer, en celles mêmes que j'ignorais, par quels moyens, et jusques où il était possible de les résoudre ».

Quelles sont donc ces questions d'Analyse géométrique et d'Algèbre auxquelles Descartes fait ici allusion ? N'est-il pas naturel de penser qu'il s'agit des problèmes qui, quelques mois avant, à Bréda, préoccupaient et passionnaient notre philosophe ? Or, en laissant de côté les détails de moindre importance, le premier problème qui avait appelé son attention était la construction des racines des équations du troisième degré, sur laquelle il arriva sans doute complètement à se satisfaire. Nous en trouvons dans les

(1) Voir Chapitre XI.

Specimina de Lipstorp une importante confirmation. Parlant des entretiens qu'eut Descartes à Ulm, c'est-à-dire pendant l'hiver 1619-1620, avec le mathématicien Faulhaber, Lipstorp nous apprend que Descartes lui exposa son procédé général de construction à l'aide d'une parabole de tous les problèmes solides qui se ramènent à des équations du 3e ou du 4e degré, — procédé, dit Lipstorp, qu'il fit connaître plus tard dans sa Géométrie (1). Nous savons d'ailleurs par le Journal de Beeckmann que Descartes devait indiquer également ce procédé à son ami, en 1629, en même temps que quelques autres échantillons des découvertes qu'il avait faites depuis leur séparation, en 1619 (2). Les deux rédactions, celle de Beeckmann en 1629 et celle de Descartes en 1637, donnent exactement la même construction des racines par l'intersection d'un cercle et d'une parabole simple. Le Journal de Beeckmann n'en fournit aucune démonstration ; la Géométrie en donne une vérification par le Calcul. Mais pas plus ici que là nous ne trouvons la moindre indication sur la manière dont Descartes a été conduit à sa solution.

Peut-être n'est-il pas très difficile de le deviner en se reportant à la direction que suivait sa pensée l'année précédente. Nous l'avons vu en effet porter manifestement son attention sur l'Analyse Géométrique des Anciens, telle qu'il pouvait la trouver exposée dans Pappus, en particulier sur les problèmes classiques de la trisection de l'angle, l'insertion de deux moyennes proportionnelles entre deux longueurs données, et sur la solution de ces problèmes par l'intersection de certaines courbes. Chose curieuse, nous ne l'avions pas vu, quand il songeait à la fameuse classification des problèmes, et par conséquent des courbes elles-mêmes, fixer son attention sur les coniques. Dans sa lettre du 26 mars 1619 à Beeckmann, résumant sa conception grandiose, il distinguait : 1° les questions auxquelles suffisent la règle et le compas ordinaire, c'est-à-dire la droite et le cercle ; 2° celles qui ont besoin de courbes décrites à l'aide de nouveaux compas, et tout

(1) *Specimina philosophiæ cartesianæ*, p. 80. Voir Ad. et T., t. X, p. 253.

(2) Ad. et T., t. X, p. 344.

aussi géométriques les unes que les autres, pourvu qu'elles fussent issues d'un mouvement unique ; 3° les problèmes à la solution desquels sont nécessaires des courbes non plus géométriques, mais seulement imaginaires, comme la quadratrice, issues de deux mouvements indépendants. Descartes ne songeait pas à subdiviser le second groupe en deux, dont le premier eût compris les lignes les plus simples après la circonférence, c'est-à-dire les sections du cône. Il faut dire que Pappus, justement à l'occasion des problèmes solides tant étudiés par les anciens. insiste sur les courbes plus ou moins ingénieuses, comme la conchoïde de Nicomède, sur les instruments servant à résoudre mécaniquement les questions les plus importantes, — tel le mésolabe d'Eratosthène, — beaucoup plus que sur la solution que fournissait l'emploi des coniques. Clavius, dont les œuvres ont été certainement dans les mains de Descartes, imitait Pappus en ce sens que, pour les deux moyennes proportionnelles, par exemple, il ne donnait que les solutions obtenues par des courbes spéciales, les jugeant plus intéressantes que les solutions par les coniques. Et par là peut s'expliquer que l'attention de Descartes ait été peu attirée d'abord sur le rôle possible des coniques dans l'étude des problèmes solides. Du moins Clavius, d'après Eutocius, énonçait, sans s'y arrêter, les résultats qu'obtenait Menechme, dans la recherche des deux moyennes, par l'intersection d'une parabole et d'une autre conique de définition assez simple. Cela aurait suffi à la rigueur pour donner tôt ou tard à Descartes le désir d'imiter le procédé, quand, au lieu de l'équation $x^3=k$, qui est au fond du problème des deux moyennes, il voudrait étudier plus généralement l'équation générale du 3e dégré. Mais nous savons aussi que Descartes a lu Apollonius et Archimède, à une date difficile à fixer. Le *Commentaire* d'Eutocius accompagnait les vieilles éditions d'Archimède (comme celle de Bâle, de 1544), et il est bien possible que la lecture de ce *Commentaire* doive se placer entre le séjour à Bréda et le recueillement dans « le poêle », orientant décidément Descartes plus directement encore que les suggestions de Pappus ou de Clavius vers l'emploi des coniques pour la solution des problèmes solides.

Or, quand il s'agissait de l'équation cubique simple,

$x^3 = a^2 b$ telle qu'elle se présentait dans le problème des deux moyennes, que faisaient les anciens ? Ils prenaient une deuxième inconnue y, définie par la relation $\frac{a}{x} = \frac{x}{y}$, ou $x^2 = a\,y$, et ils se considéraient comme ayant à résoudre le système $\frac{a}{x} = \frac{x}{y} = \frac{y}{b}$, c'est-à-dire à chercher les deux longueurs moyennes proportionnelles entre a et b. Pour cela enfin, un Menechme n'hésitait pas à considérer d'une part la parabole dont les ordonnées sont liées aux abscisses par la relation $x^2 = a\,y$ (que les Grecs énonçaient à leur manière, peu importe ici), puis ou bien l'autre parabole $b\,x = y^2$, ou bien l'hyperbole très simple $x\,y = a\,b$. Les livres classiques d'Apollonius sur les coniques faisaient pour les Grecs un jeu de ces correspondances de lignes géométriques aux relations quantitatives caractérisant les points dont elles étaient les lieux.

Tout naturellement Descartes pouvait imiter cette méthode de très près, pour l'équation du 4e degré ou pour celle du 3e préalablement multipliée par l'inconnue, l'une ou l'autre étant d'abord privée de son second terme (Descartes en 1619, nous l'avons vu, commençait, pour l'équation générale du 3e degré, par faire disparaître le terme en x^2 ; c'est là un procédé qu'il avait certainement assez vite généralisé). Soit donc l'équation $x^4 + px^2 + qx + r = 0$. Comme les anciens, il n'avait qu'à poser

$$x^2 = y, \qquad (1)$$

ce qui l'amenait tout de suite, comme Menechme, à parler de la parabole qui correspond à cette relation. L'équation proposée devenait

$$y^2 + py + qx + r = 0. \qquad (2).$$

Descartes pouvait la remplacer par la combinaison si simple des deux équations (1) et (2)

$$x^2 + y^2 + qx + (p-1)\,y + r = 0$$

ou

$$\left(x + \frac{q}{2}\right)^2 + \left(y + \frac{p-1}{2}\right)^2 = k^2$$

k^2 désignant la quantité connue

$$\frac{q^2}{4} + \frac{(p-1)^2}{4} - r.$$

La parabole étant déjà tracée, Descartes pouvait-il ne pas reconnaître immédiatement dans cette dernière équation celle qui caractérise la circonférence dont le centre est aux distances $-\frac{q}{2}$ et $\frac{1-p}{2}$ de l'axe de la parabole et de la tangente au sommet, le rayon étant $\sqrt{\frac{q^2}{4}+\frac{(p-1)^2}{4}-r}$? N'était-ce pas au moins aussi simple pour lui qu'il l'était pour Menechme, la même parabole étant tracée, de reconnaître ensuite dans l'autre relation l'hyperbole équilatère ou la seconde parabole ? Je ne crois pas qu'il puisse y avoir de doute sur ce point, d'autant que le cercle ainsi défini est justement celui qu'indique Descartes, soit dans la rédaction de Beeckmann, soit dans la Géométrie. Il va sans dire en outre que l'équation du 3e degré sans second terme se ramène immédiatement au cas précédent si on multiplie tous ses termes par x. Et ainsi a dû se trouver résolu pour Descartes le fameux problème, sans qu'il eût fait autre chose que de suivre pas à pas l'exemple des Grecs.



Mais, dira-t-on, c'était donc déjà la Géométrie Analytique constituée dans la pensée de Descartes ? Oui et non. Oui, puisqu'il y a ici correspondance entre des lignes et certaines relations quantitatives données, et que c'est là en somme l'essentiel de la Géométrie Analytique. Mais on est ici dans des conditions particulières où certaines droites jouent un rôle spécial dans telle ou telle courbe connue et déjà étudiée (axe ou tangente au sommet d'une conique, diamètre d'un cercle) : la propriété caractéristique de la courbe s'est trouvée s'exprimer simplement à l'aide de longueurs parallèles à ces droites. C'est en tous cas dans de telles conditions que Descartes avait certainement l'impression de ne dépasser en rien, sauf par les simplifications déjà indiquées du langage, la Méthode de l'Analyse des Grecs. Il y aura tout de même un progrès quand plus tard, systématiquement, à propos de n'importe quel problème à résoudre, Descartes décidera une fois pour toutes de rapporter les points de toutes les courbes, connues ou cherchées, à ceux d'une droite, comme il dira lui-même,

sauf à introduire une deuxième variable, et à faire correspondre à toutes ces courbes des équations dépendant d'un même système de coordonnées. Or, cette méthode-là, la véritable géométrie analytique, dont Descartes exposera le principe dans toute sa généralité dans le second livre de sa *Géométrie*, ne datera que du jour où Golius lui donnera l'occasion, en 1631, de s'attaquer au fameux problème de Pappus. De ce moment aussi datera la solution de tous les problèmes généraux qui s'y rapportent, en particulier du problème des tangentes. Le fait que Descartes n'en dit pas un mot à son ami Beeckmann, en 1629, quand il se plaît à lui montrer des échantillons de ses plus belles découvertes, — rend notre affirmation au moins très vraisemblable.

Une lettre à Mersenne a pu donner lieu à un malentendu. Le 29 juin 1638, Descartes, après avoir parlé de la correction qu'il a dû faire subir à la méthode de Fermat pour les tangentes, ajoute que, même ainsi transformée, elle est loin de valoir la sienne ; puis il déclare : « Il ne doit pas se persuader que je change d'avis lorsque je l'aurai mieux comprise ; car je ne croy pas la pouvoir entendre mieux que je fais. Et je puis dire avec vérité que je l'ai sceue vingt ans devant que d'avoir son escrit, bien que je ne m'en sois jamais estimé beaucoup plus sçavant, n'y n'aye creu qu'elle méritast tant de louanges qu'il luy en donne (1). » Il est manifeste que Descartes parle ici de ce que devient la règle de Fermat quand il l'a modifiée, comme il l'a nettement indiqué dans sa lettre à Hardy (2), — et non pas de sa Méthode à lui, de celle qu'il expose dans sa *Géométrie*, et qu'il continue à trouver infiniment meilleure. M. Adam s'est donc trompé lorsque, dans ce témoignage de Descartes, il a vu la preuve que Descartes tout jeune était déjà en possession de sa Méthode pour trouver les tangentes aux courbes (3). Celle-ci suppose établi le principe le plus général qui caractérise vraiment la Géométrie Analytique, et posée une fois pour toutes l'idée de la correspondance des courbes aux équations liant deux indéterminées.

Le texte de la lettre à Mersenne, et plus encore le détail

(1) Ad. et T., t. XI, p. 178.
(2) *Id.*, t. XI, p. 169.
(3) *Id.*, t. XII, p. 208.

même de la règle de Fermat corrigée, tel qu'il est donné dans la lettre à Hardy, suffisent à dissiper tout malentendu.



En même temps, nous apprenons par là que de bonne heure Descartes avait conçu une méthode simple pour la construction des tangentes. Les mots « plus de vingt ans devant... » pris à la lettre nous renverraient à 1617 ou 1618... Mais il paraîtrait alors invraisemblable que le Journal de Beeckmann de 1618-1619 n'en dît rien. Il est beaucoup plus naturel de supposer ici une très légère exagération de Descartes, qui, à distance, le ferait anticiper quelque peu sur la véritable date, et de reporter celle-ci à l'hiver de 1619-1620. Très probablement (nous avons déjà remarqué que son attention était alors attirée sur les coniques) c'est sur l'ellipse ou l'hyperbole, ou mieux sans doute sur la parabole simple, qu'il s'était essayé. Et il est aisé de refaire son raisonnement et ses calculs, en les calquant sur ceux mêmes qu'expose Descartes dans sa lettre à Hardy : il suffit en somme de remplacer la parabole cubique dont a parlé Fermat par la parabole ordinaire, c'est-à-dire l'exposant 3 par l'exposant 2.

« Soit la parabole A B D, sur laquelle le point B est donné. Je fais l'ordonnée B C = b, et A C = c. On demande de trouver sur le diamètre un point E tel que la corde E B coupe la courbe en un autre point D, dont l'ordonnée D F soit, par exemple, à B C dans un rapport $\frac{g}{h}$. Posons E C = a, C F = e. On a évidemment, par la similitude des triangles E C B, E F D,

$$\mathrm{D\ F} = \frac{b\,(a + e)}{a}.$$

La propriété caractéristique de la courbe étant ici que les carrés des ordonnées B C, D F sont entre eux comme A C et A F, nous avons aussi

$$\frac{\overline{\mathrm{D\ F}}^2}{b^2} = \frac{c + e}{c} \quad \text{ou} \quad \frac{b^2\,(a + e)^2}{a^2\,b^2} = \frac{c + e}{c}$$

$$\text{ou } c\,(a^2 + 2\,a\,e + e^2) = a^2\,(c + e)$$

$$\text{ou } 2\,a\,c\,e + c\,e^2 = a^2\,e$$

$$\text{ou enfin } 2\,a\,c + c\,e = a^2.$$

La condition que D F et B C soient dans le rapport $\frac{g}{h}$ donne en outre :

$$\frac{a+e}{a}=\frac{g}{h},$$

et nos deux équations détermineront les deux inconnues a et e. Si maintenant on veut que la ligne cherchée soit tangente en B, on supposera $\frac{g}{h}=1$, et donc $a+e=a$, ou $e=0$, et l'autre équation deviendra

$$2\,a\,c=a^2 \quad \text{ou} \quad 2\,c=a,$$

c'est-à-dire que la distance inconnue E C est le double de A C. »

C'est là en somme pour Descartes un problème déterminé d'analyse ordinaire, où le système des deux équations pour les deux inconnues présente une solution particulière quand on suppose confondus les deux points de rencontre de la sécante avec la courbe.

Cette méthode très simple à laquelle Descartes s'exerçait tout jeune, d'après son témoignage, et que nous avons pu vraisemblablement faire remonter à l'hiver 1619-1620, — appelle quelques remarques. Tout d'abord si, comme c'est probable, il l'appliquait aux coniques, dont la propriété caractéristique avait chez les Grecs son expression classique en fonction de l'ordonnée et de l'abscisse, Descartes n'y faisait point appel, sauf dans les notations sans doute, à une autre Analyse qu'à celle des anciens. Ce qu'il avait alors de plus nouveau et de plus intéressant, c'est l'idée même qu'il se faisait de la tangente.

Tandis que chez les Grecs celle-ci restait la droite n'ayant qu'un point commun avec la courbe, elle devenait pour Descartes la limite de la sécante tournant autour d'un premier point de rencontre avec la courbe de telle manière qu'un second vînt se confondre avec celui-là. Cette définition qui s'appliquait si aisément à toutes les courbes devait être autrement féconde. Et, en tous cas, c'est elle qui déterminera et précisera la méthode générale indiquée dans la Géométrie, quand se trouvera arrêtée la conception générale de la Géométrie Analytique.

Enfin, quand nous étudierons le conflit si curieux que provoquera entre Fermat et Descartes la règle des tangen-

tes du géomètre toulousain, il ne nous sera pas indifférent, pour expliquer l'attitude de Descartes, de savoir quelle méthode, en apparence semblable, celui-ci avait autrefois rencontrée : convaincu à première vue de l'identité des deux procédés, il aura bien de la peine à en saisir la différence dans les exemples que traiteront Fermat et ses amis.



En dehors des questions que nous venons d'indiquer, pouvons-nous atteindre à quelque autre effort de Descartes pendant son séjour dans le fameux poêle ? On se rappelle que, en mars 1619, il avait parlé à son ami Beeckmann d'un autre grand problème qui le passionnait. Il s'agissait de cette science merveilleuse qu'il jugeait au-dessus des forces d'un seul, et pour laquelle il s'enthousiasmait. Comprendrait-on qu'il n'y fût pas revenu quelques mois plus tard, quand se trouvaient réalisées pour lui des circonstances particulièrement favorables à la méditation ? Mais quelles vues nouvelles a-t-il pu en avoir ? Nous sommes ici réduits aux conjectures, aucune indication positive ne venant à notre aide. Il s'agissait, on s'en souvient (1), de classer tous les genres de problèmes en catégories, d'après la complication croissante des lignes d'où ils dépendent, ou des compas servant à tracer ces lignes. Il ne pouvait encore être question en 1620 d'une classification naturelle faite d'après le degré des équations, et telle que nous la trouvons exposée dans la *Géométrie ;* sans quoi la Géométrie Analytique, dans toute sa généralité, daterait au moins de cette époque, et, nous l'avons déjà dit, on ne comprendrait vraiment pas le silence de Descartes sur cette création dans ses entretiens de 1628 avec Beeckmann. Ne serait-ce pas du côté du fameux compas de Descartes qu'il faudrait chercher ? Je veux parler du compas décrit dans la *Géométrie*, et que Descartes utilisait déjà, nous l'avons vu, en 1619. Un passage des *Cogitationes privatæ*, que nous avons cité ailleurs (2) comme commentaire des premiers travaux, appelait déjà l'atten-

(1) Voir Ad. et T., t. X, p. 156-157.

(2) Voir Chap. Ier.

tion sur les courbes décrites par les points variables de la deuxième branche du compas. Or, le début du livre II de la *Géométrie* présente, par la série de ces lieux géométriques de plus en plus compliqués, un véritable essai de classification : soient X Y Z le compas, la règle B C perpendiculaire à Y X au point B, position actuelle sur la figure du point fixe A ; puis la règle mobile C D perpendiculaire à Y Z au point C, la règle mobile D E perpendiculaire en D à Y X, etc. Quand le compas s'entr'ouvre, les règles mobiles se déplacent en s'éloignant de Y et les points mobiles B, D, F, H... décrivent certaines lignes. « Le point B, dit Descartes (1), descrit la ligne A B, qui est un cercle ; et les autres points D, F, H, où se font les intersections des autres règles, descrivent d'autres lignes courbes, A D, A F, A H, dont les dernières sont par ordre plus composées que la première, et celle-cy plus que le cercle. Et je ne voy pas ce qui peut empescher qu'on ne conçoive aussy nettement et aussy distinctement la description de cette première que du cercle, ou du moins que des sections coniques ; ny ce qui peut empescher qu'on ne conçoive la seconde, et la troisiesme et toutes les autres qu'on peut descrire, aussy bien que la première : ny par conséquent qu'on ne les reçoive toutes en mesme façon, pour servir aux spéculations de Géométrie. » L'usage de ce compas dès 1619 et les considérations des *Cogitationes privatæ* nous autorisent à faire remonter à la jeunesse de Descartes le fond de ces réflexions. L'allusion qui y est faite aux coniques, placées ensemble dans une première catégorie, avant la première ligne compliquée décrite par le point D, nous fait choisir, pour en fixer la date, l'hiver de 1620 plutôt que le précédent.



Enfin, que peuvent bien être ces problèmes dont Descartes dit, dans le Discours, que s'il ne les résolvait pas, il pouvait au moins entrevoir par quels moyens on les résoudrait ? Ici encore, il faut se borner à formuler une hypothèse. La plus naturelle, après ce que nous venons de voir,

(1) Ad. et T., t. VI, p. 392.

c'est que Descartes ait voulu considérer, après les équations du 3e et du 4e degré, celles de degré supérieur, et qu'il ait entrevu la possibilité de généraliser sa méthode par l'intersection d'une parabole et d'un cercle, en songeant déjà qu'il suffirait peut-être de remplacer la parabole simple par une parabole plus compliquée dans la série de celles que son compas permettait de disposer par ordre ? Et, c'est au fond ce qui devait se trouver réalisé en 1637 dans sa *Géométrie.*



Il reste à parler d'un petit traité qui nous a été heureusement conservé et qui très probablement (on verra plus loin pourquoi) date du séjour de Descartes dans son poêle. Il s'agit du *de solidorum elementis* (1).

Le traité commence par la définition de l'angle solide droit (celui qui embrasse la huitième partie de la sphère) et énonce presque aussitôt ce théorème : De même que dans une figure plane tous les angles extérieurs pris ensemble valent quatre angles droits, de même dans un corps solide, tous les angles solides extérieurs valent ensemble huit angles solides droits. Prouhet, qui a donné dans la *Revue de l'Instruction Publique* (1er novembre 1860) une traduction et un commentaire de ce traité, fait remarquer que le théorème d'Euler sur les polyèdres n'est qu'un simple corollaire de celui que vient de formuler Descartes. Il s'agit de la fameuse relation $f + s = a + 2$ entre les nombres de faces, de sommets, et d'arêtes d'un même polyèdre quelconque. (On sait depuis Euler que la relation n'existe que si le polyèdre est convexe.) Descartes ne l'énonce pas précisément, mais donne, lui aussi, une série de relations soit entre le nombre des sommets et la somme des angles plans, soit entre le nombre des sommets et le nombre des faces dans une pyramide ou dans un prisme, puis dans un polyèdre quelconque. Il en tire la preuve qu'il n'existe que cinq polyèdres réguliers. Poinsot (« Comptes rendus de l'Académie des Sciences », XLVI, 70) observait, et cette remarque a été répétée souvent depuis, que ces

(1) Ad. et T., t. X, p. 265-277.

indications de Descartes étaient peut-être les premiers mots « d'une science presque encore neuve que l'on peut nommer *Géométrie de situation*, parce qu'elle a principalement pour objet non pas la grandeur ou la proportion des figures, mais l'ordre et la situation des éléments qui les composent ». En réalité, l'importance de cette Géométrie de situation n'a été bien comprise que depuis les travaux de Riemann sur la représentation des fonctions algébriques (1), et Descartes a été loin de la deviner.

Il semble bien que cette première partie toute géométrique du traité ne soit qu'une préface aux calculs qui remplissent la seconde partie, et qui ont pour objet de chercher le *poids des nombres figurés polyédriques*. — De quoi s'agit-il au juste ? Une série de files de points parallèles, contenant la première un point, la seconde deux, la troisième trois, etc., formait chez les anciens un nombre triangulaire. Si n était le nombre des points de la base du triangle, celui-ci contenait en tout

$$\frac{n\,(n+1)}{2} \text{ ou } \frac{1}{2}n^2 + \frac{1}{2}n \text{ points.}$$

Etant donné un polygone régulier, les anciens le décomposaient en triangles par des lignes menées d'un même sommet à tous les autres, puis ils construisaient, avec des files de points équidistantes et respectivement parallèles aux bases des triangles, des nombres triangulaires, de telle manière que les rangées situées à la même distance du sommet commun formassent des lignes polygonales, appelées *gnomons*. La somme de tous ces gnomons donnait le nombre total des points contenus dans le polygone: c'étaient là les nombres figurés polygonaux. Descartes considère les nombres figurés polyédriques, ou plus exactement leur poids, en supposant tous les points de densité égale. On devine, par analogie avec ce que nous venons de dire, comment se forment ces nombres. Le polyèdre est décomposé en pyramides ayant pour sommet commun un sommet du polyèdre, et pour bases toutes les faces auxquelles n'appartient pas ce sommet : puis dans des plans parallèles aux bases et équidistants on construit des nom-

(1) Cfr. HADAMARD, *Le rôle de la Géométrie de situation en Mathématiques*, « Revue du Mois », tome VIII, p. 38.

bres polygonaux. Le *gnomon* est ici la figure polyédrique dont les faces sont à la même distance du sommet commun des pyramides, et le nombre figuré polyédrique est la somme ou le poids total de tous les gnomons.

Descartes s'applique à calculer ces poids, d'abord pour les cinq polyèdres réguliers, puis pour neuf polyèdres semi-réguliers, — composés, par exemple, de quatre hexagones réguliers et de quatre triangles équilatéraux, ou de huit triangles et de six carrés, etc. Les résultats sont toujours des expressions entières ordonnées suivant les puissances de *n*, — comme dans le cas simple du nombre triangulaire indiqué plus haut, — puisque au surplus un pareil nombre est l'élément fondamental qui sert à former tous les autres. Les puissances de *n*, qui entrent dans ces expressions, sont données par Descartes en caractères cossiques.

Ce dernier détail suffirait à fixer approximativement la date du traité : il est antérieur au moment où Descartes, armé déjà de sa méthode, comme il nous le dit dans le Discours, réforme l'écriture algébrique. Il a donc été écrit dans les premiers temps du séjour dans le poêle, car les détails qui vont suivre ne permettent pas de douter que Descartes l'a composé sous des suggestions qu'il a trouvées à Ulm.

Nous avons déjà rappelé le témoignage de Lipstorp sur les relations — d'ailleurs si naturelles — que Descartes a eues à Ulm avec le mathématicien Faulhaber. Or, s'il est impossible de se procurer aujourd'hui les livres du géomètre allemand, nous savons au moins, par l'historien des mathématiques Kœtsner (1), qu'il a publié en 1614 un ouvrage intitulé : *Numerus figuratus sive Arithmetica arte mirabili inaudita nova constans*. L'ouvrage, — toujours d'après Kœtsner, — contenait neuf colonnes de nombres figurés, dont six se rapportaient aux polyèdres. Au-dessous de chaque colonne se trouvait l'expression de ces nombres en caractères cossiques, et enfin, comme dans le traité de Descartes, on y trouvait les mots *pondera*, pour

(1) *Geschichte der Mathematik*, t. III, p. 120. J'emprunte cette référence à l'étude de Prouhet (« Rev. de l'Instr. publique », tome XX, p. 487).

désigner le poids des nombres figurés, et *radix* pour désigner les termes contenant la première puissance de *n* dans les résultats. Prouhet emprunte à Kœtsner cette citation de Faulhaber, montrant quelle haute idée il a de ses découvertes : « Et exinde jucundissimæ lucubrationes formari possunt. Est itaque artis inexhaustus thesaurus, non ambrosia saltem mentes hominum perfundens, sed simul Christianorum vitæ utilitates conferens insignes ».

N'est-il pas vraisemblable que, dès les premières rencontres, Faulhaber, plein d'enthousiasme au sujet de ses travaux, en aura entretenu Descartes, et que celui-ci se sera exercé à son tour aux mêmes problèmes ? Le difficile est de décider quelle est la part qui revient à Descartes, et ce qu'il doit à Faulhaber, dans le traité que, remarquons-le bien, notre philosophe n'a jamais rendu public. Le témoignage de Kœtsner prouve au moins qu'il a ajouté quelque chose au livre du mathématicien allemand, celui-ci ne contenant que les résultats relatifs à neuf polyèdres, et le *de solidorum elementis* en contenant en tout quatorze. Mais c'est là tout ce qu'on peut dire. D'ailleurs ce genre de recherches ne se rattache pas directement à celles qui préoccupent surtout Descartes. S'il s'y est arrêté, et si, comme c'est probable, elles ont dû quelque chose à son génie inventif, c'est peut-être par amour-propre, au moins autant que pour s'exercer aux choses mathématiques et, selon son expression, « se repaître l'esprit de vérités ».

***

Avec ce traité se termine la liste des travaux que nous pouvons, tantôt avec certitude, tantôt avec vraisemblance, faire remonter au séjour de Descartes dans son poêle, c'est-à-dire à l'hiver de 1619-1620. Ce ne sont certainement pas les seuls, mais toute hypothèse nouvelle ne pourrait être que gratuite.

Quelle impression nous laisse donc cette œuvre de quelques mois ?

S'il n'y a plus lieu d'insister après Descartes sur le lien qui a pu la rattacher à sa Méthode, ne fût-ce que par les qualités de clarté, de simplicité, de généralité, et déjà par le désir de faire œuvre complète, achevée..., on sent aussi

que partout ou presque partout Descartes se place à la suite des Grecs ou de ses contemporains. Le progrès consiste à cet égard en ce que nous ne voyons plus ici, comme l'année précédente, les incitations directes qui le poussent vers ses recherches, — sauf pour le *de solidorum elementis* ; nous ne voyons plus la chiquenaude qui déclanche chaque fois ses méditations. C'est bien de lui-même, semble-t-il, qu'il tire les raisons de s'attacher à tel ou tel problème.

Un autre progrès se trouve réalisé, au point de vue de la valeur des résultats. Le Journal de Beeckmann et les *Cogitationes privatæ* nous avaient montré, dans les premiers tâtonnements de Descartes, bien des confusions et des erreurs... Tout ce que nous avons pu deviner de son œuvre dans l'hiver de 1619-1620 porte au contraire la marque de la rigueur. Mais Descartes est loin d'être arrivé au terme du développement de son esprit, même à ne considérer que les seuls travaux mathématiques. La distance sera grande, nous l'avons dit, de la simple mise en œuvre de l'analyse des Grecs, — même avec un Algorithme perfectionné, — à la vraie méthode de géométrie analytique qu'en 1631 le problème de Pappus, proposé par Golius, lui donnera l'occasion d'établir dans toute sa généralité ! « Les grands mathématiciens, dit M. Adam, sont tels à un âge où il serait matériellement impossible d'être, par exemple, un grand physicien ou un grand naturaliste ; une étonnante précocité, loin d'être l'exception, est comme la règle du génie dans les mathématiques (1). »

Cette remarque s'applique très justement à beaucoup de géomètres, mais pas autant qu'on pourrait croire à Descartes lui-même. Outre que nous avons noté, dans une étude antérieure, quelque gaucherie et quelque inexpérience dans les premiers essais de jeunesse que nous a fait connaître le Journal de Beeckmann, nous assistons ensuite, même en ce qui concerne son œuvre mathématique, aux moments successifs du développement et de la maturation de son génie.

---

(1) Ad. et T., t. XII, p. 208.

CHAPITRE IV

CE QUE RAPPELAIT A DESCARTES LA DATE DU 11 NOVEMBRE 1620

Baillet, énumérant les pièces de l'inventaire de Stockholm, dit, quand il arrive aux Olympica : « Un autre (Traitté) en forme de discours, intitulé *Olympica*, qui n'étoit que de douze pages, et qui contenoit à la marge, d'une ancre plus récente, mais toujours de la même main de l'Auteur, une remarque qui donne encore aujourd'hui de l'exercice aux curieux. Les termes ausquels cette remarque étoit conçue portoient :

XI Novembris 1620, cœpi intelligere fundamentum Inventi mirabilis,

dont M. Clerselier ni les autres Cartésiens n'ont encore pu nous donner l'explication. Cette remarque se trouve vis-à-vis d'un texte... Ce texte porte ces termes latins : X Novembris 1619, cum plenus forem Enthousiasmo, et mirabilis scientiæ fundamenta reperirem, etc. » (Baillet, *Vie de M. Descartes*, 1691, t. I, p. 50-51.)

J'ai dit comment à mes yeux l'ensemble du traité, résumé par Baillet, permet de comprendre le second de ces textes (1). Mais que signifie le premier ? Isolé de tout commentaire, il semble échapper à toute tentative de recherche. Je voudrais essayer pourtant, après tant d'au-

(1) Voir Chap. II

tres « curieux », de voir si nous sommes privés de moyens d'information autant qu'il le paraît, et s'il n'est pas possible de formuler au moins une hypothèse vraisemblable.



Le nombre des trouvailles de Descartes auxquelles on peut songer, même en s'en tenant, comme il est naturel à cette date, aux conceptions mathématiques et physiques, est assurément grand. Mais l'application d'une règle très simple me semble d'abord pouvoir le limiter : Doit être écartée toute conception dont il n'est rien dit dans les pages du Journal de Beeckmann datant de 1628-1629. C'est ce que je voudrais expliquer brièvement.

La publication du fameux Journal par M. Adam nous a fait connaître l'intimité intellectuelle des deux hommes et l'estime réciproque qu'ils ont l'un pour l'autre. D'abord pendant l'hiver 1618-1619, à Bréda, le Journal nous fait assister à une touchante collaboration. Beeckmann s'intéresse à toutes sortes de questions de mécanique, de physique, etc. Il en cause avec Descartes qui à sa demande lui apporte des solutions, parfois sous forme de mémoires importants. Ces relations les réjouissent l'un et l'autre ; il leur semble à tous deux que leur commune conception de la science les rend exceptionnellement propres à s'entendre. Beeckmann, sous le titre : « Physico-Mathematici paucissimi » note les remarques suivantes : « Hic Picto cum multis Jesuitis aliisque studiosis virisque doctis versatus est. Dicit tamen se nunquam hominem reperisse, præter me, qui hoc modo, quo ego gaudeo, studendi utatur, acurateque cum Mathematica Physicam jungat. Neque etiam ego, præter illum, nemini locutus sum hujusmodi studii (1). » De son côté, Descartes, qui ne nous habitue guère dans sa vie à ce genre d'abandon, éprouve le besoin d'écrire à Beeckmann, peu après que celui-ci a quitté Bréda : « Tu enim revera solus es, qui desidiosum excitasti, jam e memoria pene elapsam eruditionem revocasti, et a seriis occupationibus aberrans ingenium ad meliora reduxisti. Quod si igitur ex me forte non contem-

(1) Ad. et T., t. X, p. 52.

nendum exeat, poteris jure tuo totum illud reposcere ; et ipse ad te mittere non omittam, tum ut fruaris, tum ut corrigas (1). » Et, de fait, dans ses lettres du printemps 1619, Descartes ne se contente pas de communiquer à son ami les recherches qu'il a menées à bien : il lui confie avec quelque exaltation son rêve ambitieux de s'élever à une science qui classe définitivement tous les problèmes en un certain nombre de catégories, suivant la nature des lignes qui servent à les résoudre (2). On sent Descartes disposé à livrer sans restriction toute sa pensée à son ami.

Les circonstances les tiennent ensuite éloignés l'un de l'autre pendant neuf ans ; mais dès qu'il met le pied en Hollande, en octobre 1628, Descartes s'empresse d'aller à Dordrecht où Beeckmann est alors recteur du Collège. Et, cette fois encore, nous pouvons connaître, grâce au Journal, leurs sujets de conversation. Ce ne sont plus les suggestions de l'ami qui provoquent les travaux de Descartes. Depuis les premiers entretiens, celui-ci a le sentiment d'avoir résolu un certain nombre de difficiles problèmes en Mathématique et en Physique ; il veut en donner la primeur à Beeckmann, lequel de son côté note avec un soin scrupuleux tout ce qui sort de la bouche de Descartes, à moins qu'il ne reçoive même des communications écrites . « Quod ad verbum descripsi », dit-il à la fin de telle démonstration, ou « Quod ex illius scriptis ad verbum describo », dit-il ailleurs (3). Les sentiments que les deux amis s'étaient témoignés neuf ans plus tôt semblent bien reprendre la même ardeur. Quelques mois plus tard, il est vrai, à la suite d'un malentendu, un nuage devait pour un temps assombrir leurs relations, nuage d'ailleurs vite dissipé. Mais à ce moment encore les réflexions de Beeckmann sont là pour attester entre eux la confiance la plus entière. Dans sa courte préface aux communications de Descartes, le savant hollandais nous apprend que notre philosophe avait commencé par aller le chercher à Middelbourg, où il lui adressait jadis ses lettres de Bréda, et où il le croyait encore. Ne le trouvant plus là, il était aussitôt

(1) Ad. et T., t. X, p. 162-163.
(2) *Id.*, t. X., p. 157.
(3) *Id.*, t. X, pp. 342-344.

reparti pour Dordrecht où on lui avait signalé sa présence. Il avait à cœur de lui faire connaître les progrès qu'il avait réalisés depuis leur séparation, en Algèbre et en Géométrie. Il venait lui parler de son *Algèbre* achevée, par laquelle se trouvait achevée aussi la *Géométrie*, par laquelle même il pouvait atteindre à toute connaissance humaine ; ou bien il la lui enverrait, ou bien il reviendrait lui-même à Dordrecht pour collaborer avec son ami, et parachever ce qui restait à faire dans les Sciences (ut communi opera id quod restat in scientiis perficiamus). Car, ni en France, ni en Allemagne, ni en Italie, il n'avait trouvé personne qui pût s'accorder avec lui et l'aider dans ses recherches aussi bien que Beeckmann. (Gallia enim, Germania et Italia peragrata, dicit se non invenisse alium, cum quo secundum animi sui sententiam disserere et a quo adjumentum in studiis suis sperare possit, quam per me.) (1).

Dans ces conditions, à moins qu'on ne soupçonne Descartes de se moquer de son ami, ce qui me paraît trop éloigné de son caractère, on trouvera justifiée, je crois, toute l'importance que j'attribue aux informations du Journal pour fixer l'histoire des travaux de notre philosophe jusqu'à cette date d'octobre 1628. Ses dispositions d'esprit à l'égard de Beeckmann ne peuvent que l'entraîner à penser tout haut, à ne rien dissimuler, à insister même sur celles de ses découvertes qu'il juge les plus essentielles. En particulier, quand il s'agit de savoir quelle est la merveilleuse invention dont il a commencé à comprendre le fondement le 11 novembre 1620, on a bien le droit d'écarter toute question de mathématique ou de physique dont Beeckmann ne dit rien dans ses notes de 1628-1629.

Prenons tout de suite un exemple. Tout le monde sait que le rôle essentiel de Descartes en mathématiques est de nous avoir définitivement dotés de la méthode générale, qui a reçu le nom de *Géométrie Analytique*. N'est-ce pas de cette méthode qu'il aurait conçu le principe en novembre 1620 ? — Non, car il n'est absolument pas question dans les notes de Beeckmann de la correspondance géné-

(1) Ad. et T., t. X, p. 332.

rale des lignes géométriques à des équations. Descartes a bien dit que l'achèvement de son algèbre entraîne celui de la géométrie ; mais aussi bien il ajoute que cette algèbre peut conduire à toute connaissance humaine. Et, comme l'échantillon qu'il en donne, le jugeant sans doute le plus important, c'est (1) le mode général de représentation de toutes les quantités par des lignes ou par des rectangles, il a manifestement voulu viser sa conception de la mathématique universelle, qui sert tout naturellement de support à la géométrie, comme à toute autre science maniant des grandeurs concrètes. Cette conception, dont le *Discours de la Méthode* nous donne la date (hiver 1619-1620), ne doit pas être confondue avec celle de la Géométrie Analytique. Le rôle de la parabole indiqué d'abord (*id.*, p. 335) pour la représentation des irrationnelles, puis pour la solution des problèmes solides du 3e et du 4e degré (*id.*, p. 344), implique probablement dans l'esprit de Descartes la correspondance toute particulière d'équations très simples entre deux variables à certaines lignes connues, mais il ne songe même pas à appeler l'attention sur ce point, n'ayant sans doute pas le sentiment qu'il dépasse par là la méthode des lieux géométriques des anciens autrement que par son écriture simplifiée.

Se demandera-t-on si l' « inventum mirabile » ne serait pas la méthode de construction des tangentes qui sera publiée en 1637 ? Le Journal de Beeckmann autorise la même critique et la même réponse négative.

Pas la moindre allusion, dans les notes de 1628-1629, à la théorie des équations, telle qu'elle sera exposée dans le livre III de la *Géométrie* (théorème des variations, proprement appelé « théorème de Descartes » ; méthode des coefficients indéterminés ; décomposition d'un polynôme en produit de facteurs, etc.), si ce n'est ce seul mot, qui vient tomber à la fin d'une phrase, et qui ne doit se rapporter à rien de tel : « Ac videt (Cartesius) ex tabula vulgari quot aliqua æquatio radices habere possit quarum una sit quæsita. »

Si nous lisons de près les notes de Beeckmann, nous ne voyons en somme l'attention fortement appelée, en

(1) Ad. et T., t. X, p. 333.

dehors de la mathématique universelle, qu'il nomme « Algebram Generalem », et qui remonte, nous l'avons déjà rappelé, d'après Descartes lui-même, à l'hiver 1619-1620, que sur deux sortes de questions :

A. — Solution par la parabole et le cercle des problèmes solides du 3e et 4e degré ;

B. — Problèmes intéressant l'Optique.



A. — La solution si élégante des problèmes solides du 3e et 4e degré ne serait-elle pas l' « inventum mirabile » du 11 novembre 1620 ? Liard, dans son beau livre sur Descartes, en a le premier suggéré l'hypothèse, acceptée plus tard par Hamelin. Ils s'appuyaient sur un témoignage de Lipstorp qui représente notre philosophe tout jeune suscitant l'admiration du mathématicien Faulhaber par l'exposé de cette solution (Specimina philosophiæ cartesianæ, Lugduni Batavorum, 1653, pp. 78-80, cité par Adam et Tannery, t. X, p. 252-253). Le Journal de Beeckmann pouvait fournir des arguments précieux à l'hypothèse de Liard, si celui-ci l'avait connu. D'abord la note où se trouve exposée la fameuse solution se termine par ces mots : « Hanc inventionem tanti facit D. des Chartes, ut fateatur se nihil unquam præstantius invenisse, imo a nemine unquam præstantius quid inventum. » (346.) En outre, nous avons appris par la correspondance des deux amis qu'en avril 1619 Descartes était déjà très préoccupé par la construction des racines des équations du 3e et du 4e degré ; et le rapprochement de cette correspondance et de quelques passages des « inédits », en nous montrant exactement où en était Descartes dans les difficultés du problème, nous fait apprécier la distance où il était encore, au printemps de 1619, de sa solution définitive.

Malgré ces arguments très sérieux en faveur de l'hypothèse de Liard, je ne crois pas qu'il faille la conserver ; et la raison en est surtout que la communication faite par Descartes à Faulhaber est très probablement antérieure au mois de novembre 1620.

En effet, les relations des deux savants ne se sont pas

réduites à une conversation d'un jour. S'il faut ajouter foi au témoignage de Lipstorp qui nous importe ici, et qu'il n'y a vraiment aucune raison de contester, c'est dans des entretiens fréquents, au cours des années 1619-1620, que Faulhaber et le jeune Descartes ont échangé des idées, le premier proposant à l'autre des problèmes de toutes sortes dont celui-ci apportait bientôt les solutions. Si un tel témoignage avait besoin d'être confirmé, il le serait par un petit traité de Descartes trop peu connu, le *De Solidorum Elementis*, où notre philosophe imite manifestement, dans leur fond et dans leur forme, des recherches toutes spéciales de Faulhaber sur les polyèdres. D'ailleurs le géomètre allemand habitait Ulm. A quel moment Descartes a-t-il pu faire un séjour prolongé à Ulm, ou tout au moins dans les environs de cette ville ? Nous ne connaissons avec certitude, en 1620, qu'un séjour prolongé au même endroit, c'est celui que Descartes continuait dans son « poële » et qui ne devait cesser, d'après le *Discours* (3e partie) qu'un peu avant la fin de l'hiver. Il est probable que le « poële » n'était pas très éloigné d'Ulm, et que les relations avec Faulhaber datent de ce moment. Ce simple détail que le *De Solidorum Elementis* inspiré par le géomètre allemand présente encore les notations cossiques semble bien indiquer que la rédaction de ce traité remonte à la fin de 1619 ou au commencement de 1620. Et, il devient alors fort naturel de reporter bien avant novembre 1620 la fameuse conversation où le jeune Descartes étonna Faulhaber par son élégante solution des problèmes solides du 3e et du 4e degré.

On voudrait trouver chez Lipstorp une confirmation complète de ces remarques. Malheureusement il se contente d'énumérer, sans même se soucier, semble-t-il, de l'ordre chronologique, la série des faits qui intéressent la vie de Descartes pendant les années 1619 et 1620. Voyage à Francfort pour le couronnement de l'Empereur ; engagement comme soldat volontaire près du duc de Bavière ; guerre contre l'Electeur palatin Frédéric, roi de Bohême ; paix d'Ulm ; prise des quartiers d'hiver... Et, c'est après cette énumération qu'il nous montre Descartes, qui *pendant ce temps* (?) est venu dans Ulm, entrant en relations avec Faulhaber.

La seule objection que puisse nous suggérer le texte de Lipstorp est que, peut-être, en dépit de toutes nos déductions, il faudrait placer en été, au moment des négociations pour la paix d'Ulm, le séjour de Descartes à Ulm. Comme dès les premiers jours de novembre nous ne pouvons guère douter (j'y reviendrai plus loin) qu'il n'accompagnât en Bohême les troupes du duc de Bavière, la date de la communication à Faulhaber ne serait que très peu reculée et notre conclusion resterait la même.



B. — Reste à examiner, d'après la règle que nous nous sommes imposée plus haut, si le « fundamentum mirabilis inventi » ne se trouverait pas plutôt visé par les notes du « Journal » relatives à l'Optique. Elles sont au nombre de trois. Dans l'une, sous le titre « Angulus refractionis a Descartes exploratus » (p. 335-7), Beeckmann indique brièvement comment Descartes procède pour déterminer l'indice de refraction d'un morceau de verre, énonce incidemment à ce propos la loi des sinus, dont il donne d'ailleurs d'après Descartes une étrange explication, et termine en mentionnant la taille en forme hyperbolique des oculaires construits par Descartes, l'hyperbole étant la ligne pour laquelle les rayons incidents parallèles doivent concourir en un même point après réfraction. — La seconde note a pour titre : « Ellipsis in qua omnes radii paralleli concurrent in puncto medii densioris » (p. 338). Beeckmann donne la démonstration rédigée par Descartes lui-même. — Enfin la troisième note énonce seulement le même problème pour l'hyperbole ; Beeckmann donne plus loin la solution qu'il en a trouvée à l'invitation de son ami. Nous reconnaissons dans ces trois notes l'essentiel de ce qui constituera les théories optiques de Descartes, telles qu'elles seront exposées en 1637, c'est-à-dire telles qu'elles lui donneront la joie d'établir enfin le fondement mathématique des appareils qui accroissent le pouvoir de la vision humaine.

Que tel est bien aux yeux de notre philosophe l'intérêt des théories optiques, il suffit pour s'en convaincre de se reporter au début de la *Dioptrique :* « Toute la conduite de nostre vie dépend de nos sens, entre lesquels celuy de la

veüe estant le plus universel et le plus noble, il n'y a point de doute que les inventions qui servent à augmenter sa puissance ne soient des plus utiles qui puissent estre. Et il est malaisé d'en trouver aucune qui l'augmente davantage que celle de ces merveilleuses lunettes, qui, n'estant en usage que depuis peu, nous ont desja découvert de nouveaux astres dans le ciel, et d'autres nouveaux objets dessus la terre, en plus grand nombre que ne sont ceus que nous y avions veus auparavant... Mais, à la honte de nos sciences, cette invention si utile et si admirable, n'a premièrement esté trouvée que par l'expérience et la fortune. Il y a environ trente ans qu'un nommé Jaques Métius, de la ville d'Alcmar en Hollande, homme qui n'avait jamais estudié, bien qu'il eust un père et un frère qui ont fait profession des mathématiques, s'avisa par bonheur de regarder au travers de deux (verres), dont l'un estait un peu plus épais au milieu qu'aus extrémités, et l'autre au contraire beaucoup plus espais aus extrémités qu'au milieu, et il les appliqua si heureusement aus deux bouts d'un tuyau, que la première des lunettes dont nous parlons en fut composée. Et, c'est seulement sur ce patron, que toutes les autres qu'on a veües depuis ont été faites, sans que personne encore que je sçache, ait suffisamment déterminé les figures que ces verres doivent avoir... (1) »

Ainsi, c'est très clair : une « invention admirable » a été faite, de « merveilleuses » lunettes ont été construites, mais il manquait à la découverte un fondement scientifique, et c'est à le trouver que tendaient les recherches de Descartes en optique, recherches dont il donnait la primeur à Beeckmann en 1628, neuf ans avant de les publier dans sa *Dioptrique*.

Tout jeune encore il avait connu le succès des tâtonnements des lunettiers hollandais. En 1609, à Paris, on vendait des lunettes sur le Pont de Notre-Dame (2). En juin 1611, au Collège de La Flèche, Descartes assistait à une cérémonie où étaient glorifiées en vers latins les récentes découvertes astronomiques dues à la lunette de Galilée (3).

(1) Ad. et T., t. VI, p. 81-82.
(2) *Id.*, t. XII, p. 29.
(3) Rochemonteix, t. Ier, p. 147, et Ad., t. XII, p. 29.

Galilée était un de ceux que visait Descartes dans les lignes citées plus haut, il avait fait son appareil « sur le patron » de celui de Métius, sauf qu'il avait été assez heureux pour obtenir un meilleur grossissement.

Combien de temps notre philosophe a-t-il attendu avant de comprendre qu'il pourrait après de tels tâtonnements essayer de substituer enfin au hasard une vraie science ? Et, comment a-t-il été mis sur la voie de l'explication rationnelle qui manquait ?

Laissant pour le moment de côté la première de ces deux questions, nous pouvons au moins répondre à la seconde avec certitude. Dans une lettre à Mersenne, du 31 mars 1638, après s'être défendu d'avoir emprunté à Kepler l'idée de verres à forme elliptique ou hyperbolique, Descartes ajoute : « Cela n'empesche pas que je n'avouë que Kepler a esté mon premier maistre en optique, et que je croy qu'il a esté celuy de tous qui en a le plus sceu par cy devant (1), » Comme Descartes n'a jamais rencontré Kepler (nous le saurions certainement), ceci ne peut s'entendre que d'une seule manière : C'est la lecture des livres de Kepler qui l'a initié aux théories d'Optique. Certes, il devait plus tard dépasser son maître. Celui-ci, en dépit des efforts les plus patients et les plus variés, n'avait pas trouvé la véritable loi de la réfraction. Il avait considéré théoriquement les lunettes qui ont des lentilles (2) aux deux bouts, mais il n'avait pas vu ce qu'est l'anaclastique, c'est-à-dire quelle est la forme mathématique que doit avoir la surface du verre pour que les rayons parallèles viennent concourir vraiment, après réfraction, en un point unique. Les surfaces sphériques dont il usait ne lui donnaient de ce problème qu'une solution approchée. Sur tous ces points, Descartes devait avoir tôt ou tard le sentiment de faire mieux que le savant allemand. Du moins les recherches minutieuses de celui-ci sur la réfraction rendaient désormais la découverte de la loi assez facile ; et, quoique approximative, celle dont il se servait pour étudier la marche des rayons lumineux à travers l'objectif et

(1) Ad. et T., t. II, p. 86.

(2) C'était pour Kepler deux verres convexes. Descartes restera dans la tradition primitive de l'oculaire concave.

l'oculaire de la lunette lui permettait d'établir sur la théorie des instruments d'optique des résultats décisifs ; comme elle lui avait permis d'exposer une théorie complète de la vision. Et enfin, s'il ne le résolvait pas à la satisfaction de Descartes, c'est lui qui posait pour la première fois le problème, fondamental à ses yeux, de l'anaclastique. La lecture des *Paralipomena ad Vitellionem* de 1604, et surtout celle de la *Dioptrique* de 1611, a donc, sans aucun doute, montré à notre philosophe la voie qui devait le conduire à sa théorie mathématique des lunettes. Il a commencé à comprendre le fondement de la merveilleuse découverte le jour où les livres de Kepler sont tombés entre ses mains.

Resterait à savoir, si c'est possible, quel fut ce jour. Il semble tout d'abord étonnant que des ouvrages de l'importance de ceux de Kepler, parus en 1604 et 1611, aient pu rester longtemps ignorés de Descartes. Mais c'est là un genre de faits auxquels nous habitue la Correspondance. On sait à quelle date, et par suite de quel concours de circonstances, il fut amené à jeter les yeux sur les œuvres de Viète, sur les livres de Galilée, etc. Et, son exemple est loin d'être isolé : on peut se demander en lisant Galilée, qui pourtant a fait tant d'efforts pour perfectionner la lunette primitive, s'il a jamais connu les travaux d'optique de Kepler. Quoi qu'il en soit, il paraît certain que pendant l'hiver 1618-1619, quand nous pouvons assister aux premiers essais scientifiques de Descartes, grâce au Journal de Beeckmann et à la correspondance des deux amis, ils ne connaissent encore ni l'un ni l'autre les travaux du savant allemand. Beeckmann a noté au jour le jour toutes les questions qui l'ont préoccupé durant deux ou trois mois ; de temps en temps à propos de ces questions, il nous donne les idées de Descartes : On peut penser que, même en dehors de ces cas précis, la conversation des deux hommes, dont nous avons dit l'intimité et la confiance réciproque, a porté sur les problèmes que mentionne le Journal, et c'est pourquoi il faut être reconnaissant à M. Adam d'avoir publié la liste entière de ces problèmes. Or, si l'on jette les yeux sur cette interminable liste, on est frappé certes de son étonnante variété : tous les phénomènes observables, de quelque ordre qu'ils

soient, semblent à leur tour appeler l'attention du Hollandais, et par là peut-être celle de Descartes. Mais, à y regarder de près, il est aisé de constater que le Journal ne contient pas une seule allusion aux problèmes de l'Optique. Quant aux lettres par lesquelles, le printemps venu, Descartes communique à son ami, qui vient de quitter Bréda, la suite de ses méditations, elles parlent d'algèbre, de géométrie, de mécanique, etc., mais nullement d'optique. Et l'on peut bien affirmer d'après cela qu'au printemps de 1619 notre philosophe n'avait pas commencé à se préoccuper de la théorie des lunettes.

L'été venu, il va à Francfort assister aux fêtes du couronnement de l'Empereur : serait-ce à ce moment qu'il a l'occasion de lire Kepler ? Ce n'est pas impossible, mais c'est infiniment peu probable ; car, aussitôt après les fêtes, quand il s'arrête dans son poêle pour se livrer à ses méditations, comment n'eût-il pas réservé les meilleurs de ses efforts à achever d'éclaircir les théories dont Kepler lui eût offert les préliminaires ? Or, par son propre récit, nous savons bien qu'il ne s'appliqua alors qu'à des problèmes d'algèbre et de géométrie.

La Correspondance, d'autre part, permet d'établir qu'avant 1628, que dès la fin de l'année 1626, il était en possession de tous les éléments qui devaient, en ce qui touche la théorie des lunettes, former le contenu de sa *Dioptrique* (1). La seule conclusion à tirer de nos remarques serait donc que l'occasion de lire Kepler s'offrit pour lui après l'hiver de 1620 et avant la fin de l'année 1626.

Est-il possible d'aller plus loin ? Peut-être, en revenant à la consultation des biographes de Descartes. S'ils se contredisent sur différents points, ils sont du moins d'accord tous trois (Lipstorp, Borel, Baillet), pour lui faire suivre comme volontaire, en 1620, les troupes du duc de Bavière. Or, c'est le 8 novembre que celles-ci sont victorieuses du roi de Bohême sous les murs de Prague, et il serait invraisemblable que Descartes n'eût pas aussitôt profité de l'occasion qui s'offrait à lui de visiter la capitale de la Bohême : de quelle page nouvelle ne lui réservait-

(1) Voir dans mes *Nouvelles Etudes sur l'Histoire de la Pensée scientifique* le chapitre : Descartes et la loi des sinus.

elle pas la surprise dans son ardeur à parcourir le grand livre du monde ? N'allait-il pas d'ailleurs pouvoir y retrouver les traces de deux illustres savants dont il ne pouvait pas ne pas connaître au moins les noms, de Tycho, qui y était mort il y avait une vingtaine d'années, et de Képler, qui avait quitté Prague seulement sept ans auparavant ?

Pierre Borel mentionne qu'aussitôt après la bataille de Prague, Descartes alla voir, dans cette ville, les instruments dont s'était servi Tycho-Brahé. Baillet démontre que c'est impossible, ces instruments étant détruits depuis longtemps. Assurément, Borel semble avoir la manie de vouloir que son héros ait assisté à tous les grands événements de son temps, en particulier aux grandes batailles ; qu'il se soit rencontré avec tous les grands hommes, par exemple avec Galilée, lors de son passage à Florence ; qu'il ait vu tous les grands spectacles, etc... Il saute aux yeux qu'il y a là chez ce biographe une exagération enfantine, quand même nous n'arriverions pas à démontrer qu'il se trompe dans tel ou tel cas. Peut-être cependant ne faut-il pas rejeter l'information relative aux instruments de Tycho sans y chercher la trace de quelque vérité. Le détail sur lequel il porte ne semble pas être un de ces faits extraordinaires que l'imagination de l'auteur se crût obligée de mettre au compte de Descartes. Et il n'y aurait après tout rien d'étonnant à ce que l'information, sauf l'altération des souvenirs, eût été fournie à Borel par cet ami du philosophe, qu'il avait bien des fois consulté, et qu'il cite assez souvent dans sa brochure, je veux parler d'Etienne de Villebressieux. Justement celui-ci s'était souvent entretenu avec Descartes d'instruments d'optique, et d'expériences plus ou moins ingénieuses faites sur eux. Dans un de ses entretiens intimes avec Descartes, celui-ci ne lui aurait-il pas dit que ce qu'il avait vu à Prague avait joué dans ses recherches sur la Dioptrique un rôle décisif ? Ce ne seraient pas en ce cas les instruments de Tycho dont il s'agirait : appareils destinés à mesurer des angles sur la sphère céleste et à fixer la position d'une étoile ou d'une planète, les instruments dont s'était servi Tycho pouvaient être plus précis ou plus grands ou plus commodes que ceux des anciens, ils étaient en somme du même genre, cercles armés de pinnules, sextants, etc. Quelque

intérêt qu'ils eussent offert à Descartes, ce n'est pas dans cette sorte d'appareils, à supposer qu'ils n'eussent pas été détruits, qu'il eût trouvé ni d'ailleurs voulu chercher la moindre suggestion pour ses études d'Optique. Ce pourquoi nous l'avons vu se passionner, ce que, dès qu'il l'a pu, nous l'avons vu étudier avec persistance, ce sont les heureuses combinaisons de verres, comme celles qu'avaient trouvées par hasard les lunettiers de Hollande ou *a fortiori* comme celle qui avait permis à Galilée en 1610 de découvrir les satellites de Jupiter, et qui avait pu frapper déjà son imagination pendant son séjour au Collège de La Flèche. Dans son ignorance des moyens employés par les deux grands astronomes Tycho et Kepler, il avait bien pu chercher à voir leurs instruments, mais ce qu'il devait facilement trouver, c'était, à défaut de ces instruments eux-mêmes, les œuvres déjà imprimées de ces savants, et plus particulièrement la *Dioptrice* que Kepler avait publiée en 1611, pendant son séjour à Prague. Voilà du moins le grand fait de la vie de Descartes dont les propos de Villebressieux pouvaient avoir apporté un écho à Borel, et que celui-ci pouvait avoir quelque peu déformé, — fait en tous cas si naturel que nous avons à peine besoin, pour y croire, du témoignage de Borel. La date de la bataille de Prague, 8 novembre 1620, rendrait alors très vraisemblable celle du 11 pour la méditation féconde que devait provoquer dans l'esprit de Descartes la lecture de la *Dioptrice*.

De sorte que, en résumé, nous sommes amenés à proposer l'hypothèse suivante :

L'invention admirable dont parle la note marginale des *Olympica* ne serait autre que celle des lunettes destinées à l'observation des astres ; le 11 novembre 1620, Descartes se trouvant à Prague et ayant eu l'occasion de parcourir les travaux de Kepler consacrés à l'Optique, y aurait vu tout à coup, avec la promptitude d'esprit que l'on note chez lui dans tant d'autres circonstances, l'indication de la voie à suivre pour édifier la théorie mathématique, fondement définitif à ses yeux de la merveilleuse découverte.

CHAPITRE V

LES TRAVAUX D'OPTIQUE DE 1620 à 1629

Nous avons admis, au moins avec quelque vraisemblance, la présence de Descartes en Bohême, dans les premiers jours de novembre 1620.

Nous sommes mal informés sur la direction que prit sa pensée dans les années qui suivirent. En dépit des renseignements de ses biographes, nous ne savons même pas avec certitude où il les passa. Tout au plus pouvons-nous dire que, jusqu'à l'automne de 1628, il séjourna le plus souvent à Paris, sauf un voyage en Italie qu'il fit de 1623 à 1625.

A Paris, soit avant, soit après son grand voyage, il connut certainement par Mersenne les travaux d'optique mathématique de Mydorge. Mersenne les signalait à l'attention du public dans son livre de 1623 qui avait pour titre *Quæstiones celeberrimæ in Genesim* (1). Nous verrons dans un instant que, vers 1628, des relations étroites s'établirent entre les deux savants. En Italie, Baillet luimême nous met en garde contre le récit de Borel, en ce qui concerne le prétendu entretien que Descartes aurait eu avec Galilée ; et Descartes lui-même dira dans une lettre à Mersenne du 11 octobre 1638 (2) qu'il n'a jamais vu Galilée. Mais du moins on peut deviner qu'en traversant Florence où le savant italien était alors dans toute

(1) Ad. et T., t. XII, p. 38 et 89.
(2) *Id.*, t. II, p. 388.

sa gloire, la pensée de notre philosophe ne put pas ne pas se fixer sur ses découvertes astronomiques, et sur les instruments déjà légendaires qui les avaient rendues possibles. N'était-ce pas au collège même, en 1611, qu'il avait assisté tout jeune encore, d'après le récit du Père de Rochemonteix, à une glorification des nouveautés que Galilée avait révélées dans le ciel, grâce à son télescope ?

Quoi qu'il en soit, c'est peu après son retour à Paris qu'il dut se livrer à ses premiers travaux sur la réfraction dont il jugeait nécessaire de connaître les lois pour aborder méthodiquement la fabrication des instruments grossissants. Ce sont deux lettres, l'une adressée à Golius, qui vont nous permettre d'apporter à cet égard une information précise. Golius, à qui Descartes avait fait connaître sa loi des Réfractions, lui avait demandé, en réponse, par quelle sorte d'expérience il pourrait la vérifier. Descartes (2 février 1632) (1), après lui avoir conseillé un certain dispositif, ajoute qu'il a jugé lui-même inutile d'en user : « Toute l'expérience que j'ay jamais faite en cette matière, « est que je fis tailler un verre, il y a environ cinq ans, « dont M. Mydorge traça luy-mesme le modele ; et lors- « qu'il fut fait, tous les rayons du soleil qui passoient au « travers s'assembloient tous en un point iustement à « la distance que j'avois prédite. Ce qui m'assura, ou que « l'ouvrier avoit heureusement failly, ou que ma ratioci- « nation n'estoit pas fausse. »

A Huygens (2) (décembre 1635), Descartes dit : « Il y « a déjà huit ou neuf ans que je fis aussi tailler un verre « par le moyen du tour, et il réussit parfaitement bien. » Et, plus bas, Mydorge est nommé comme ayant lui-même exécuté l'ouvrage. Ces indications concordent à très peu près — quoique données à trois ans d'intervalle — pour faire rejeter au commencement de 1627 ou peut-être à la fin de 1626, le travail confié à Mydorge. C'est donc au plus tard en 1626 que Descartes se trouvait en possession de sa loi des Sinus.

***

(1) Ad. et T., t. Ier, p. 239.
(2) *Id.*, t. Ier, p. 335.

Comment l'avait-il découverte ? On connaît la réponse précise qui a été faite trop souvent à cette question : Descartes aurait eu connaissance d'un manuscrit du savant hollandais Snellius, mort en 1626, lequel manuscrit contenait l'énoncé de la loi. Du vivant de Descartes personne n'avait formulé cette accusation de plagiat. C'est beaucoup plus tard et, pour la première fois vers 1662, que sous la plume du savant Isaac Vossius, fut exprimée l'idée d'un plagiat. Vossius (1) déclarait avoir vu un travail manuscrit de Snellius sur la lumière, où se trouvait indiquée, quoique sous une forme légèrement différente, la loi des Sinus. Snellius était mort en 1626 et, d'après Vossius, Descartes avait pu facilement prendre connaissance de cette loi pendant son long séjour en Hollande, car Hortensius, élève de Snellius, et plus tard professeur lui-même à Amsterdam, l'avait exposée publiquement dans ses leçons. Christian Huygens alla plus loin. Dans sa *Dioptrique*, publiée seulement après sa mort, en 1703, on lit, à propos du manuscrit de Snellius : « Ce manus-« crit est resté inédit. Je l'ai vu, et l'on m'a dit que Des-« cartes, lui aussi, l'a vu ; c'est de là peut-être qu'il aura « tiré sa mesure par les Sinus (2). »

Tous les accusateurs de Descartes, de Leibniz à Poggendorf, ont reproduit avec quelques variantes, et avec plus ou moins d'assurance dans leurs affirmations, ce qui fait le fond de ces deux témoignages.

Après le travail de Kramer (3) et la publication des lettres échangées par Gollius et Huygens due à Korteweg (4), il ne serait plus rien resté d'une semblable accusation. Rappelons en quelques mots les arguments décisifs :

D'abord, la date de 1626 à laquelle nous venons de

(1) Cf. *Responsio ad objecta Joh. de Bruyn*, p. 32 ; *de natura et proprietate lucis*, 1662, p. 36.

(2) « Et nos vidimus aliquando et Cartesium quoque vidisse accepimus : ut hinc fortasse mensuram illam, quæ sinibus elicuerit. » (*Opera reliqua*, t. II.)

(3) *Zeitschrift fur Math. und Phys.*, t. XXVII, 1883.

(4) *Revue de métaphysique et de morale*, année 1896.

parvenir pour la connaissance de la loi des Sinus, ruine complètement l'hypothèse de Vossius, d'après laquelle le long séjour en Hollande commencé vers la fin de 1628 et la fréquentation des savants de ce pays après cette date auraient permis à Descartes de surprendre et de s'approprier la découverte de Snellius. En ce qui concerne particulièrement Hortensius, il n'a enseigné qu'à partir de 1634. Il ne pourrait donc plus être question que des séjours de moindre durée faits en Hollande avant 1627. Nous en connaissons deux : l'un tout à fait certain, pendant 1618 et 1619 à Bréda ; l'autre, problématique mais très possible, d'après les affirmations de Baillet, à La Haye, au retour d'Allemagne, de 1621 à 1622.

Est-il vraisemblable qu'à cette dernière date Snellius ait déjà été en possession de sa loi ? On ne comprendrait guère qu'il ne l'eût pas publiée. Nous savons qu'il avait l'habitude de publier ses recherches à mesure qu'elles prenaient corps (1). Mais il y a mieux. Parmi les savants qui ont approché Snellius, qui ont vécu longtemps à Leyde et même enseigné près de lui, il en est un qui semble particulièrement désigné, par l'intérêt qu'il prenait aux travaux de mathématiques et de physique, et par ses relations avec celui qu'il appelait son « maître très vénéré », pour connaître une découverte aussi importante que celle de la loi de la réfraction, si elle se fût produite avant 1626. Golius, dont nous voulons parler, quitta Leyde et s'éloigna de Snellius en décembre 1625, pour un voyage en Orient, d'où il ne devait revenir qu'en 1629. Or, Golius, au commencement de 1632, ignore encore absolument les travaux de Snellius sur la réfraction. Nous le savions déjà par les lettres échangées à cette date entre lui et Descartes, notamment par celles de Descartes que nous avons mentionnée plus haut, du 2 février 1632. Mais nous avons mieux aujourd'hui, grâce à Korteweg. Nous savons désormais que cette année 1632 est celle où Golius, qui venait déjà de connaître par Descartes sa loi des Sinus, découvrit le fameux manuscrit de Snellius. Korteweg a retrouvé quelques lettres fort importantes, dont

(1) *Notice sur la vie et les œuvres de Snellius*, par Van Geer (Archives néerlandaises, t. XVIII).

l'une de Golius à Constantin Huygens. Par elle, nous apprenons quelle a été l'hésitation de Golius à accepter la loi de Descartes (*ingeniosi Descartes inventum*) ; il a voulu la vérifier par l'expérience (et cela confirme ce que nous avions vu d'autre part) ; mais ces hésitations n'ont pris fin que par la découverte de quelques écrits de Snellius, où il a trouvé la même loi énoncée sous une autre forme. Et Golius, plein d'enthousiasme pour la rencontre merveilleuse des deux savants, dont l'un a été conduit par l'expérience, l'autre par le raisonnement, cite et compare les énoncés qu'ils ont donnés l'un et l'autre de la loi des réfractions. Tandis que Descartes fait porter la relation sur les sinus des angles d'incidence et de réfraction, Snellius, limitant par une même normale à la surface de séparation des deux milieux le prolongement du rayon incident et le rayon réfracté, énonce que le rapport de ces deux longueurs est constant. C'est, si l'on veut, le rapport des cosécantes, au lieu du rapport des sinus, ce qui revient au même.

Et Golius n'a pas été le seul à attendre la découverte du manuscrit, en 1632, pour en soupçonner seulement l'existence. Avec beaucoup de raison, Korteweg nous demande d'ajouter ici le nom du correspondant de Golius, de Constantin Huygens. Ses lettres à Golius le montrent justement préoccupé des problèmes de dioptrique. Il conseille à Golius (notamment en décembre 1629) de s'y appliquer avant tout. En 1632, il voit Descartes chez Golius et l'entretien roule précisément sur la loi de la réfraction (1). Comment supposer que, s'il eût connu le travail de Snellius, il n'en eût point parlé à Golius ? Constantin Huygens n'a certainement appris l'existence de ce travail que par la lettre que lui a adressée Golius en novembre 1632.

N'y a-t-il pas là la preuve suffisante que les recherches de Snellius sur la réfraction ou bien datent seulement des derniers temps de sa vie, ou bien sont restées de son vivant rigoureusement secrètes ?

(1) C. F. Korteweg, *op. cit.*

Enfin, il est un deuxième point sur lequel M. Korteweg appelle l'attention.

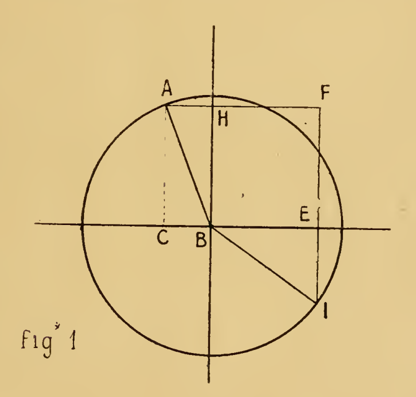
Les relations établies entre Golius, Constantin Huygens et Descartes ne permettent pas de douter, quoique nous ne puissions citer sur ce point aucun texte, que Descartes n'ait lui-même été mis très vite au courant des recherches et des conclusions de Snellius. La correspondance qu'échange notre philosophe avec Golius en 1632 ne pouvait pas ne pas se continuer par la mention si importante de la découverte des papiers de Snellius, et par l'adhésion définitive à la loi des Sinus qu'elle entraînait chez Golius, sans qu'il sentît désormais le besoin d'expériences nouvelles. Donc, en 1632, cinq ans avant la publication de la *Dioptrique*, Descartes a su certainement par les savants hollandais et l'existence et le contenu du manuscrit. Peut-être même l'a-t-il vu ; et peut-être aussi, dans l'esprit de Constantin Huygens, la confirmation qu'apportait la découverte de Golius à la loi cartésienne de la réfraction a-t-elle donné lieu à la longue à quelque malentendu dans les conversations qu'il eut à ce sujet avec son fils. En tous cas, celui-ci était un enfant en 1632. Les quelques faits précis qu'il tenait de son père : 1° antériorité probable de Snellius sur Descartes dans la solution du problème des réfractions ; 2° connaissance prise par Descartes en 1632 de la solution de Snellius ; 3° publication tardive de la *Dioptrique* en 1637, pouvaient bien, soixante ou soixante-dix ans plus tard, amener sous la plume de Christian Huygens une affirmation qui, prise à la lettre, n'a probablement rien d'inexact, mais qui n'a plus la signification qu'on lui donnait.

***

Si Descartes n'a certainement pas commis le plagiat dont on l'a si souvent accusé, comment donc est-il parvenu à sa loi ? Il faut rejeter l'hypothèse qu'il l'aurait demandée à une série d'expériences dans le genre de celles qu'il proposait à Golius en 1632. Mais son témoignage formel est qu'il n'a fait lui-même qu'une seule vérification avec le verre hyperbolique, taillé par Mydorge. On croira

malaisément qu'avant de confier à celui-ci un travail aussi délicat et aussi difficile, Descartes n'était pas par avance convaincu qu'il tenait la véritable loi des réfractions... Si son intention avait été d'y chercher une vérification expérimentale, il avait à sa disposition, comme le montre sa lettre à Golius, des procédés infiniment plus simples. En demandant ce verre à Mydorge, ce qu'il voulait, c'était déjà réaliser un instrument d'optique permettant de scruter le ciel, comme les lunettes ou télescopes dont il avait entendu parler, et c'est incidemment que le verre, une fois taillé, pouvait servir à contrôler sa loi.

Au reste, si nous nous en tenons à ce que Descartes nous donne lui-même dans ses écrits, nous ne trouvons pas chez lui d'autres démonstrations de sa loi que celle qu'il expose dans la *Dioptrique*, livre VIII (1). Rappelons-la brièvement. Le mouvement de la lumière peut être assimilé à celui d'une balle qui, ayant décrit le chemin A B (*fig.* 1), rencontrerait en B une toile C B E, et la traverse-



(1) Dans la partie de son journal consacrée aux années 1628-1629, Beeckmann reproduisant ce que lui a dit Descartes au sujet de la loi des sinus, trace une figure où se voient deux rayons se réfractant en passant de l'air dans l'eau au point *e* ; *ab*, *hg* sont les sinus des angles d'incidence et de réfraction pour le premier, *cd* et *if* pour le second ; et il s'exprime ainsi : « Ut enim, inquit, *ab* ad *hg* ; ita *cd* ad *if*. Considerat enim sub *st* esse aquam, radios esse *a c g*, *c e f* ; idem-

rait, mais de telle façon que, par exemple, sa vitesse serait réduite de moitié. Le nouveau chemin B I serait parcouru en deux fois plus de temps que l'a été A B. Mais il est évident, pour Descartes, que la balle ne perdrait rien de sa détermination horizontale, laquelle ne rencontrant pas la toile, ne saurait être empêchée par elle ; et dès lors, en deux fois plus de temps, c'est le double de A H, c'est-à-dire H F, qui serait parcouru vers la droite. Le point I s'obtiendrait donc par l'intersection de la circonférence et de la verticale F I telle que H F fût le double de A H, ou en d'autres termes, le chemin B I s'obtiendrait par la condition que le rapport des sinus des angles d'incidence et de réfraction fût l'inverse de celui des vitesses dans les deux milieux.

On ne peut s'empêcher de rester rêveur à la lecture d'une telle démonstration...

Les idées qui y sont maniées témoignent certes de toute la confusion qui régnait encore dans les notions fondamentales de la science du mouvement. En particulier, nous voyons Descartes distinguer radicalement le mouvement ou la quantité de mouvement et, par suite, la vitesse d'où elle dépend, de la détermination ou tendance à se mouvoir dans telle ou telle direction. Dans le fait de la réflexion, par exemple, d'une balle sur un corps dur, Descartes voyait la détermination changer, mais non le mouvement ou la vitesse. — Mais ce n'est pas cette distinction qui suffirait à nous troubler. Fermat la fera, lui aussi, plus rigoureusement que Descartes lui-même, ce qui ne l'empêchera pas de trouver cette démonstration absolument incompréhensible. — Faut-il parler de ce qu'il y a de contradictoire à comparer le mouvement de la lumière dont le déplacement est instantané pour Descartes, au mouvement d'un corps dont la vitesse est finie et se modifie dans certaines circonstances ? Fermat ne manque pas de le faire remarquer, et Descartes répond

que videntur ipsi pati quod brachia aequalia bilancis, quorum finibus appensa sunt pondera, quorum id quod in aquà est levius est et brachium attollit. » [t. X, p. 336]. Il est difficile de penser que Descartes, par cette comparaison bizarre, ait voulu donner une démonstration de la loi des Sinus. Du moins, le fait qu'il ne communique pas à son ami la démonstration de la Dioptrique semble bien prouver que celle-ci ne se précisa que plus tard dans son esprit.

que l'instantanéité du déplacement ne s'oppose pas à une action plus ou moins forte. Au fond, vitesse, mouvement, force, action, tout cela se confond ici pour Descartes, et c'est grâce à cette confusion que, passant de la vitesse à l'action et à la résistance, il croit pouvoir répondre à Fermat. Mais peu importe, tout cela n'est que peccadille, et Fermat lui-même n'insistera pas. Il est difficile, d'ailleurs, de méconnaître l'intérêt qu'il y a dans cette tentative de Descartes de constituer une théorie critique des phénomènes lumineux, et l'on peut bien dire, avec Poggendorf — qui pourtant est à son égard un juge si sévère — qu'il ouvrait ainsi la voie à Huygens et à Newton.

Enfin, de quelque manière que se meuve la lumière, le principe d'après lequel son mouvement peut se décomposer suivant une parallèle à la surface de séparation et suivant une normale, n'a rien que de fort naturel. Descartes trouvait cette décomposition toute faite chez Alhazin et Witelo (ce dernier est celui qu'il appelle Vitellier comme Kepler). Nous lisons, en effet, dans Kepler, à propos de ces savants : « Addunt subtile nescio quid : motum « lucis oblique incidentis componi ex matre perpendi- « culari et motu parallelo ad densi superficiem eumque « motum sic compositum non aboleri ab occursu pellu- « cidi densioris, sed tantum impediri. » [Ed. Frisch, t. II, p. 181.]

Fermat, que je continue à citer, parce qu'il offre l'exemple d'un esprit sincère, large, intelligent, absolument impartial, s'efforçant en vain de comprendre Descartes, Fermat acceptera fort bien le principe de la décomposition du mouvement de la lumière, mais il demandera qu'on l'applique de toute autre manière que Descartes. Par exemple, admettant que le mouvement soit accéléré ou retardé dans le sens de la normale à la surface, il cherchera la résultante de la force qui pousse la lumière dans la direction du rayon incident et de celle qui s'ajoute dans la direction de la normale, et il conclura que la direction du rayon réfracté se trouve alors définie par un rapport de sinus, mais non point de ceux qui interviennent dans la loi de Descartes. Fermat s'écarte d'ailleurs des hypothèses de Descartes en faisant porter l'accélération ou le ralentissement, déterminé par les

milieux, sur la détermination normale du mouvement et non sur la direction, inconnue d'abord du rayon réfracté, et, d'autre part, en ne tenant pas compte de ce que la détermination parallèle à la surface de séparation reste constante. Qu'il discute avec Descartes, ou plus tard avec Clerselier, il varie ses objections ; jamais il ne se résout à adopter les postulats de Descartes. Ce sont ces postulats et surtout le postulat relatif à la détermination parallèle, qu'il se refuse absolument à accepter. Or, c'est là vraiment qu'est le nœud de la démonstration cartésienne ! Que ce soit la vitesse totale qui soit modifiée dans des conditions déterminées, malgré ce que l'hypothèse présente d'arbitraire, on peut dire qu'elle ne surprend pas trop chez Descartes ; cela peut se rattacher à l'idée que la détermination est distincte de la vitesse. Dans la réflexion, la vitesse se conserve ; dans la réfraction, la vitesse est modifiée dans un rapport qui dépend des milieux... Soit ! mais que l'on comprend Fermat ne pouvant accepter alors que la détermination parallèle à la surface reste la même après comme avant que la lumière a passé d'un milieu dans l'autre !

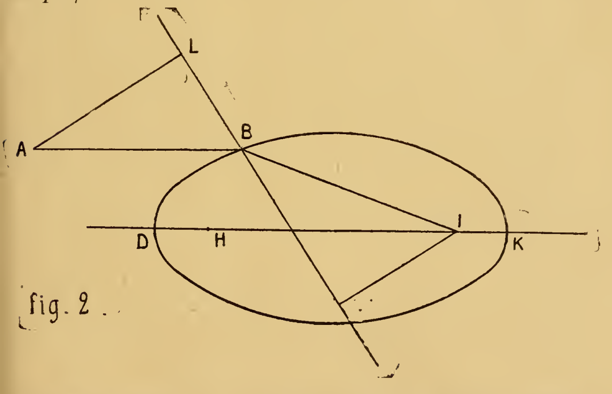
Certes, Descartes est sincère et convaincu de l'évidence des principes qu'il énonce, mais d'où tire-t-il cette étrange hypothèse ? A la rigueur, quand il s'agit de la réflexion, on comprend qu'il se laisse guider par le fait que « la rencontre de la terre ne peut empêcher que l'une des deux déterminations et non point l'autre » ; mais Fermat, très justement, lui demandera comment la même raison subsiste, quand la terre est remplacée par une toile que traverse la lumière.

En somme, il ne faut pas que le mot de détermination cache ce qu'il y a d'étrange dans l'hypothèse de Descartes. Il nous demande d'admettre que le mouvement de la lumière étant devenu deux fois plus lent (de B à I), le mouvement vers la droite garde sa vitesse première de telle sorte que le sinus de l'angle de réfraction soit double du sinus de l'angle d'incidence. Autant vaut dire, et c'est la meilleure manière d'expliquer l'assurance tranquille de Descartes énonçant son postulat, qu'il nous demande d'admettre que le sinus devient double quand le passage de la lumière d'un milieu dans l'autre a pour effet de rendre

sa vitesse deux fois moindre ; et, de même que le sinus devient moitié, si la vitesse se double ; bref, que le rapport des sinus garde une valeur fixe qui ne dépend que de la nature des deux milieux. La seule excuse de l'hypothèse de Descartes est qu'elle fournit un rapport constant des sinus et inconsciemment, sans doute, il reporte, sur le postulat d'où il la déduit, la conviction où il est déjà de la réalité de la loi. Fermat ne manquera pas de dire dans sa controverse avec Clerselier, qu'il ne pourrait admettre les postulats de Descartes que si la loi était exacte. En fait, il ne croira lui-même à la loi que quand il l'aura retrouvée, mais en se fondant sur un tout autre principe, à savoir que le chemin parcouru par la lumière de A à I doit être un minimum (1).

Mais alors, d'où venait à Descartes cette connaissance de la loi des sinus ? La question reste entière.

Kramer a fait à ce sujet une hypothèse intéressante : les problèmes relatifs à la taille des verres, dont il nous fait connaître les propriétés au chapitre VIII de la *Dioptrique*,



font tous suite à un premier problème, supposé résolu, sur lequel il s'explique dans ce même chapitre et qui n'est

(1) Pour Fermat, le rapport des sinus sera égal au rapport des vitesses et non à l'inverse comme pour Descartes.

autre chose qu'un problème de géométrie relatif à la théorie des coniques. L'énoncé est le suivant :

Etant donné une ellipse ou une hyperbole, sur laquelle tombe un rayon parallèle à l'axe focal, à quelle condition géométrique le rayon réfracté passera-t-il par l'un des foyers ? Supposons, pour préciser, qu'il s'agisse de l'ellipse, rencontrée en B par un rayon parallèle au grand axe (*fig.* 2), joignons B au foyer I, prenons sur la parallèle à l'axe une longueur B A égale à B I ; puis menons la normale en B, sur laquelle nous abaisserons les perpendiculaires A L, I G. Descartes montre très simplement, par considération de triangles semblables, que les longueurs A L et I G doivent être entre elles comme l'axe D K est à la distance des foyers H I. Le rapport des longueurs A L et I G représentant d'ailleurs le rapport des sinus des angles A B L et I B G ; la condition pour que le rayon A B passe, après réfraction, par le foyer I, est, en somme, que les angles d'incidence et de réfraction aient leurs sinus dans le rapport de D K à H I. Il y a là un problème de mathématiques qui dut être assez facile pour Descartes, et qui peut bien remonter à ses premières recherches sur les coniques (1). Tout au plus se demandera-t-on comment il avait eu l'idée de se le poser. Mais la construction d'instruments d'optique destinés à aider la vision était trop à l'ordre du jour, et, si l'on songeait à un contour elliptique ou hyperbolique, les foyers étaient trop désignés, ne fût-ce que par leurs noms, pour marquer les points où les rayons solaires avaient des chances de se concentrer, si c'était possible, pour que nous ne soyons pas autrement surpris de voir Descartes chercher de ce côté.

Mais la solution de ce problème tout géométrique ne donnait certes pas la loi de la réfraction. Elle apprenait seulement que des rayons parallèles à l'axe passeront après réfraction par le foyer I, si, pour certaines positions du point B sur la courbe, la loi inconnue suivant laquelle s'effectuent physiquement les réfractions, permet que les sinus des angles A B L, I B G aient entre eux le rapport voulu. Existera-t-il de pareilles positions du point

(1) C. F. Kramer, *op. cit.*

B ? Ce n'est pas impossible *a priori*. Qui sait si — supposée connue la loi de la réfraction — le problème qui aurait pour objet de trouver de tels points B ne pourrait pas devenir indéterminé ? et qui sait si, pour une grandeur convenable donnée aux éléments de la conique, tous les rayons parallèles ne viendraient pas passer par I ? Ce serait là le cas le plus heureux. Il se produirait si la loi de la réfraction, qui doit poser, elle aussi, une relation entre les angles, se confondait précisément avec la condition que le rapport des sinus restât le même, quel que fût le point B, pourvu seulement que le rapport du grand axe à la distance des foyers représentât justement la valeur constante de ce rapport. Cette dernière valeur, si cela se réalisait, s'obtiendrait aisément par une seule expérience, faite sur un morceau de verre, et il resterait à le tailler selon un contour elliptique dont l'excentricité serait connue d'avance, pour que les rayons parallèles à l'axe vinssent concourir au foyer après réfraction.

Or, c'est là précisément l'expérience unique de Descartes. Mydorge a taillé un verre hyperbolique — l'hyperbole devait avoir une excentricité connue d'après le rapport des sinus calculés dans une observation quelconque sur un morceau de verre — et le succès de l'expérience a pu suffire pour changer en certitude ce qui n'était que soupçonné, sauf pour Descartes à y ajouter l'évidence dernière par la « ratiocination » que nous savons.

Il est surprenant que cette hypothèse de Kramer n'ait pas davantage frappé ceux qui, après lui, ont examiné la même question. Van Geer, dans sa notice sur Snellius, est amené à résumer le Mémoire de Kramer ; il ne mentionne même pas ce qui est relatif au problème géométrique que Descartes a résolu.

Le professeur Korteweg, après avoir insisté sur l'invraisemblance du plagiat, se demande comment Descartes a pu parvenir à sa loi. Il juge très peu concluante, parce que trop peu précise, l'expérience rendue possible par le verre de Mydorge, finalement, sans avoir mentionné non plus le problème sur les coniques, il s'en remet, pour l'explication cherchée, au caractère de Descartes, qui l'inclinait « à l'enthousiasme et aux convictions fortes même en des choses incertaines ». Au sur-

plus, il est possible que le processus, tel qu'il vient d'être présenté, laisse subsister encore quelques difficultés. La géométrie ayant conduit Descartes à mettre les sinus en évidence, n'aurait-il pas un peu vite soupçonné qu'une relation constante va porter précisément sur ces lignes dans le phénomène physique de la réfraction ? Y aurait-il là quelque divination de génie capable de nous surprendre par son caractère exceptionnel ?

Remarquons, en tous cas, que l'étonnement serait aussi naturel pour la découverte de Snellius. Il ne suffit pas en effet de dire, avec Golius, qu'il a tiré sa loi de l'expérience. S'il l'en a tirée, c'est qu'il la lui a demandée, et que, ne doutant pas *a priori* de l'existence d'une relation constante, il a songé à porter son attention sur les cosécantes des angles d'incidence et de réfraction. Mais, en vérité, pour lui comme pour Descartes, y a-t-il là autre chose que la suite naturelle des recherches de Kepler ? L'un et l'autre l'ont eu pour maître en optique. Descartes le déclare nettement (1) et, quant à Snellius, il s'était de bonne heure lié d'amitié avec Kepler, qu'il avait connu à Prague, dans l'entourage de Tycho-Brahé. Or, quand on jette les yeux sur les écrits de Kepler relatifs à la réfraction, on est frappé de voir à quel point il est près de saisir la véritable loi. Ses expériences, répétées à l'aide d'un dispositif très simple qui lui donne avec précision les angles d'incidence et de réfraction, l'amènent assez vite à corriger les résultats obtenus au XIIIe siècle par le Polonais Witelo : les angles eux-mêmes ne sont pas dans un rapport constant, comme celui-ci l'avait cru, du moins dès qu'il cesse d'être très petit. Kepler cherche quelle correction il faut faire subir à l'énoncé de Witelo, et essaie de faire jouer un rôle aux sécantes des angles d'incidence. La figure sur laquelle il raisonne fait souvent songer à celle de Snellius, mettant en évidence les parties des rayons limitées par une normale voisine, et l'on se demande comment, parmi toutes les lignes qu'on peut essayer de comparer, il ne songe pas à ces deux longueurs. Quand il cherche de quoi dépend, dans la réfraction, le relèvement de l'image du fond, il songe parmi un assez grand nombre

(1) Ad. et T., t. II, p. 86.

d'hypothèses qu'il énumère, à faire intervenir les sinus des angles d'incidence... (*Quinto, an ascendant imagines in proportione sinuum inclinationum ?* Frisch, II, p. 184). Il ne s'agit pas là précisément de saisir le rapport entre les sinus des angles qui se correspondent par la réfraction, mais il est intéressant de voir Kepler porter tout naturellement son attention sur les lignes trigonométriques des angles, tantôt sur la sécante, tantôt sur le sinus. Bref, on sent, en le lisant, qu'il ne lui a presque rien manqué pour parvenir à la loi de la réfraction ; et loin d'être surpris par la découverte simultanée de ses continuateurs, Snellius et Descartes, on s'étonne de ne pas le trouver chez Kepler lui-même.

Quoi qu'il en soit, la loi des Sinus intéresse Descartes surtout pour les applications qu'il peut en faire à la construction des instruments d'optique. Etant résolu, le problème de l'anaclastique dont nous avons parlé tout à l'heure, c'est-à-dire de la nature de la courbe qui doit faire converger en un point fixe un faisceau de rayons parallèles, Descartes n'a plus qu'à former des lentilles avec un fragment de solide elliptique ou hyperbolique et un fragment de sphère, puis à disposer deux lentilles de manière à rapprocher ou à éloigner de l'œil à volonté le sommet d'un faisceau de rayons divergents pour obtenir des instruments capables d'augmenter la puissance de la vision. Pratiquement, la difficulté consistait chaque fois à calculer l'indice de réfraction des verres dont il se servait, — ce que Descartes faisait par un procédé très simple — puis à donner à la courbe des morceaux de verre la forme d'ellipse et d'hyperbole d'excentricité connue.

Il est à peine besoin de remarquer que toute la « ratiocination » de Descartes et toute son habileté de physicien devaient se heurter, dans une semblable tentative, à la grosse difficulté de l'inégale réfrangibilité des rayons divers composant la lumière blanche, dont il n'avait pas la moindre idée.

Théoriquement, Descartes est conduit par son étude des réfractions, à généraliser le problème de l'anaclastique. Etant donné un faisceau de rayons lumineux issus d'un point A, quelle forme doit avoir une courbe sur

laquelle ils tomberaient, pour qu'ils viennent tous concourir après réfraction en un point B ? Et Descartes, pour se répondre, construira ses fameuses ovales, dont il parlera dans sa géométrie. Probablement, d'ailleurs, si la question se posa de bonne heure, il ne la résolut qu'après 1631, une fois en puissance de sa géométrie analytique généralisée.

Enfin, de l'étude des réfractions, Descartes devait tout naturellement passer à l'explication de l'arc-en-ciel à une date que nous ne connaissons pas exactement, mais qui n'est certainement pas postérieure à 1629, puisqu'il y est fait allusion dans une lettre à Mersenne, du 8 octobre de cette année. Peut-être, d'ailleurs, ne s'était-il mis à réfléchir sur l'arc-en-ciel, comme sur tous les météores, que du jour où il avait reçu de Teneri la description des phénomènes des parhélies ou faux soleils, observé à Frascati, le 20 mars 1629 par le Père Scheiner. N'est-ce pas ce que semblent indiquer ces lignes de la lettre à Mersenne : « Je n'ai point l'esprit assez fort pour l'employer en même temps à plusieurs choses différentes ; et comme je ne trouve jamais rien que par une longue traînée de diverses considérations, il faut que je me donne tout à une autre matière, lorsque j'en veux examiner quelque partie. Ce que j'ai éprouvé depuis peu, en cherchant la cause de ce phénomène duquel vous m'écrivez, car il y a plus de deux mois qu'un de mes amis m'en a fait voir ici une description assez ample, et m'en ayant demandé mon avis, il m'a fallu interrompre ce que j'avais en main pour examiner par ordre tous les météores, auparavant que je m'y sois pu satisfaire. Mais je pense maintenant en pouvoir rendre quelque raison, et suis résolu d'en faire un petit traité qui contiendra la raison des couleurs de l'arc-en-ciel, lesquelles m'ont donné plus de peine que tout le reste, et généralement de tous les phénomènes sublunaires. » Peut-être aussi Descartes ne vise-t-il que l'explication des couleurs de l'arc-en-ciel et non plus seulement de sa forme, explication qui pourrait vraisemblablement être de date plus rapprochée de ses premières recherches sur la réfraction.

(1) Ad. et T., t. Ier, p. 22.

Sans vouloir trancher cette question, parce que nous n'avons aucun renseignement positif qui le permette, en quoi a consisté ici l'apport scientifique de Descartes ?

Comme il le dira lui-même dans le discours VIII des Météores, il a rempli d'eau une boule de verre et a constaté que son œil étant en E et les rayons solaires tombant dans la direction A B, deux parties de la boule D et K apparaissent toutes rouges, les angles de D E et de K E avec les rayons solaires étant le premier de 42 degrés, le second de 52 degrés. En voyant dans les gouttes d'eau qui sont dans l'air autant de boules se comportant de

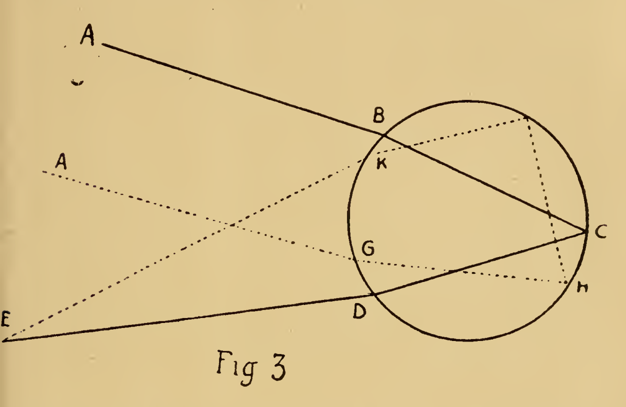


Fig 3

même, Descartes en déduit l'existence de deux sortes de cercles continus de couleur rouge. Pour des angles un peu différents, les couleurs sont moins fortes. D'où les deux arc-en-ciel qui apparaissent. Quant à la marche du rayon solaire, Descartes n'hésite pas à voir dans le premier cas une réflexion intérieure entre les deux réfractions, et dans le second une double réflexion comme l'indiquent les figures (VI, page 126). L'étude de la réfraction à travers un prisme simple lui montre ensuite quelles sont de toutes les circonstances réalisées dans l'arc-en-ciel celles qui suffisent à produire l'étalement des mêmes couleurs, il lui donne l'occasion de chercher de ces différentes couleurs une explication sur laquelle nous

reviendrons tout à l'heure. Et enfin, il lui reste à comprendre la raison de ces angles de 42 et de 52 degrés qui correspondent seuls pour l'arc-en-ciel à une certaine intensité de couleurs. Pour cela, il suit par un calcul purement théorique la marche des rayons tombant parallèlement sur le contour d'un cercle et dont les prolongements iraient passer par les différents points de division d'un rayon perpendiculaire à leur direction, rayon qu'il a partagé en trois parties égales. Il cherche pour chacun d'eux l'angle du rayon sortant avec le rayon incident, et trouve que dans le cas de la réflexion simple intérieure cet angle a un maximum, tandis qu'il a un minimum dans le cas de la double réflexion. Les valeurs du maximum et du minimum le conduisent à la mesure du plus grand demi-diamètre de l'arc-en-ciel intérieur, 41 degrés 47 minutes, et à celle du plus petit demi-diamètre de l'arc-en-ciel extérieur, 51 degrés 37 minutes.

Tous les historiens de la physique — même Poggendorf, si sévère pourtant quand il veut apprécier l'œuvre scientifique de Descartes — reconnaissent que par de telles recherches il marquait un progrès manifeste sur tous ses prédécesseurs. On s'entend moins quand il s'agit d'indiquer avec précision ce qu'il apportait de nouveau.

. Le problème de l'explication de l'arc-en-ciel, à ne parler ici que de la forme et de la grandeur des deux bandes circulaires, était fort ancien et remontait au moins à Aristote. Mais longtemps on ne songea à demander l'explication qu'au phénomène de la réflexion.

Au XIII[e] siècle, Vitello, dont Descartes a connu les recherches sur la réfraction, devine que celle-ci doit intervenir dans la formation de l'arc-en-ciel. D'après Poggendorf, un frère prêcheur nommé Théodoric, aurait, dans un ouvrage composé vers 1311, et quoique sans connaître les lois de la réfraction, deviné la véritable marche des rayons solaires à travers les gouttes d'eau, et cela pour chacun des deux arcs. Je n'ai pu contrôler cette affirmation qui me semble au moins douteuse, le même Poggendorf attribuant également à de Dominis au XVI[e] siècle, la description complète de la marche du rayon solaire, quand nous savons bien que celui-ci ne la donna vraiment que pour l'axe principal sans avoir, pour l'autre,

l'idée de la double réflexion sur le fond de la goutte d'eau. En fait, Descartes ne cite dans l'exposé du chapitre VIII des *Météores* que Maurolycus, qui, dit-il, avait le premier mesuré le demi-diamètre de chacun des deux axes mais avait abouti à des résultats inexacts faute de rattacher ces mesures à des spéculations rationnelles. S'il a connu l'ouvrage de Dominis, comme on l'a quelquefois affirmé, il a pu y puiser l'idée de faire tomber les rayons du soleil sur des boules de verre remplies d'eau, et accepter de lui la marche de ceux de ces rayons qui viennent former l'axe principal : il lui resterait la gloire d'avoir expliqué l'arc secondaire, puis surtout — c'est Poggendorf lui-même qui parle (1) — « d'avoir donné la raison de la grandeur de l'angle que les rayons lumineux sortant de la goutte de pluie forment avec les rayons incidents... La manière dont il l'a fait lui assure un nom honorable parmi les physiciens. »

Mais avait-il lu Dominis ? Rien n'est plus trompeur dans l'histoire des sciences que la similitude de la conception et des méthodes, surtout à des époques peu distantes l'une de l'autre, pour faire conclure au plagiat, ou simplement à une filiation directe. Les considérations sur la loi des Sinus étaient déjà une illustration de cette remarque ; l'histoire des sciences, et notamment l'histoire des travaux scientifiques de Descartes, pourrait en être une continuelle confirmation.



Mais à la théorie générale de l'arc-en-ciel ne s'était pas bornée l'ambition de Descartes : il s'était encore proposé d'expliquer la diversité de ses couleurs. C'était d'ailleurs pour lui déjà le même problème que de rendre compte des couleurs du spectre solaire fourni par un morceau prismatique de cristal. Sa solution sera donnée avec quelques détails dans les *Météores*. Les petites boules de la matière subtile dont l'action ou le mouvement constitue la matière de la lumière et qui, comme dit Descartes « roulent dans les pores des corps terrestres » peuvent rouler

(1) Trad. franç., page 189.

en diverses façons. Si elles n'ont point de voisines dont le mouvement soit différent du leur, elles tournoient à peu près aussi vite qu'elles se meuvent en ligne droite. Mais quand elles peuvent rencontrer, cheminant près d'elles, des boules qui vont plus ou moins vite qu'elles, la vitesse du tournoiement devient plus ou moins grande que celle du mouvement en ligne droite, d'où naissent les différences dans nos sensations de couleurs.

Duhem a essayé de montrer (*Rev. de Mét. et de Mor.*, janvier 1916) que Malebranche a su voir plus clair que Descartes, en ce qui concerne cette théorie des couleurs. Quoi qu'il en soit de ses conclusions, c'est de Newton que datera vraiment sur ce point le progrès décisif. Mais ce qui nous intéresse pour l'histoire de la pensée de Descartes, c'est que sa théorie de la diversité des couleurs telle qu'il la publie pour la première fois en 1637, était déjà celle dont il parlait à Mersenne dans sa lettre du 8 octobre 1629. Celle-ci fixant à l'intervalle des deux mois précédents l'étude des météores et en particulier celle de l'arc-en-ciel, nous tenons là la date la plus reculée que nous puissions atteindre où Descartes était en possession de la Physique générale, au moins en tant qu'elle concernait la nature de la lumière. Nous savons que tout l'essentiel de la métaphysique venait d'être arrêté depuis l'arrivée en Hollande dans un petit traité rédigé en quelques mois (Ad., tome XII, page 129). Serait-ce que les vues qui résument la philosophie de la nature chez Descartes seraient vraiment et chronologiquement sorties, selon la fameuse comparaison avec le tronc et les branches de la métaphysique enfin édifiée ? Descartes luimême, en fait, n'est jamais allé jusqu'à cette affirmation. C'est dans l'ordre logique et du point de vue du fondement des connaissances que la métaphysique devait être première. Descartes avait pu attendre pour fixer les traits définitifs de sa physique de pouvoir en assurer les fondements, sans que c'eût été nécessaire pour disposer les tendances de son esprit vers le mécanisme universel. Nous avons montré ailleurs des traces manifestes de ces tendances, soit dans le journal de Beeckmann en 1628, dès l'arrivée à Dordrecht (les qualités de ferréité, d'oréité, etc., etc. étant ramenées à une dimension de plus ou de

moins dans un espace imaginaire), soit plus tôt encore dans les *Regulæ*. Et, d'ailleurs, sans parler de Galilée que Descartes n'avait vraisemblablement pas lu, ce mécanisme ne se trouvait-il pas impliqué déjà dans des livres qu'il connaît certainement, qu'il cite volontiers, qui ont exercé une réelle influence sur lui, ou, si l'on veut, qui ont exprimé par avance une de ses tendances profondes, je veux parler des livres de Bacon. Ce mécanisme n'était-il pas enfin une conséquence naturelle de la lutte contre Aristote, et en particulier du retour à l'esprit sinon à la lettre des doctrines atomistes : un penseur comme Gassendi, en dépit des apparences, n'était pas à cet égard aussi éloigné qu'on pourrait croire de l'adversaire des atomes qu'était Descartes. Et ainsi, en octobre 1629, la constitution de la métaphysique vient, non pas de créer la théorie mécaniste de la lumière dans la pensée de Descartes, mais seulement de lui donner le droit de paraître en public, soit d'abord sous la forme d'un *Traité des Météores* par lequel il déclare qu'il a commencé, soit sous la forme d'un ouvrage beaucoup plus considérable qui vient à la suite, qui en est comme la généralisation, et qui s'appelle d'abord le *Monde* et plus tard les *Principes*.

CHAPITRE VI

LE PROBLÈME DE PAPPUS ET LA GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE (1631) LA GÉOMÉTRIE (1637)

Dans ses « Remarques sur l'abrégé de la vie de M. Descartes » (Gerhardt, IV, p. 316), Leibniz déclare tenir de Hardy que le problème de Pappus avait été proposé à Descartes en 1631 par Golius. Comme d'après une lettre de Descartes lui-même (juin 1632) (1), Golius l'avait autrefois proposé à Mydorge, et que, d'autre part, en janvier 1632, Descartes en envoie la solution à un correspondant qui ne peut être que Golius (2), l'affirmation de Leibniz est certainement exacte

En quoi consistait ce problème auquel se sont attaqués les Anciens, et qu'ils ont résolu à leur manière, — incomplètement connue de nous, d'ailleurs, — pour le cas de trois ou quatre droites (3) ?

Etant donné quatre droites D_1, D_2, D_3, D_4, désignons par $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$, les distances d'un même point à ces lignes, comptées sur des droites faisant respectivement avec les premières des angles également donnés. Le lieu à quatre lignes, comme dit Pappus, est celui des points pour lesquels le rapport des produits $\alpha_1 \alpha_2, \alpha_3 \alpha_4$ a une valeur fixée d'avance.

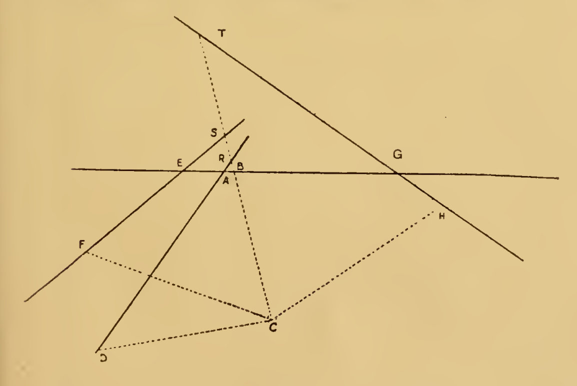
(1) Ad. et T., t. I[er], p. 254.
(2) *Id.*, t. I[er], p. 282.
(3) Cf. *Id.*, t. VI, p. 721, note de P. Tannery.

Le lieu à trois droites D_1, D_2, D_3, est celui pour lequel c'est le rapport de α_1^2 à $\alpha_2\,\alpha_3$ qui est donné.

Plus généralement, étant donné $2n$ droites et $2n$ angles sous lesquels les menées d'un même point doivent couper les premières, il s'agit du lieu des points tels que le rapport $\frac{\alpha_1\,\alpha_2\,\ldots\ldots\,\alpha_n}{\alpha_{n+1}\ldots\ldots\alpha_{2n}}$ ait une valeur donnée. Et pour un nombre impair de lignes, laissant seul de son espèce le lieu à trois droites, Pappus considère le rapport $\frac{\alpha_1\,\alpha_2\,\ldots\ldots\ldots\,\alpha_n}{\alpha_{n+1}\ldots\ldots\alpha_{2n-1}\times A}$, où A est une longueur donnée.

Nous n'avons pas l'écrit envoyé à Golius dès la fin de 1631 ou au début de janvier 1632, et qui contenait la solution générale du problème, mais d'après la lettre de Descartes de janvier 1632 (1) il est évident que cette solution était dans ses traits essentiels celle qui se trouve exposée dans la *Géométrie*, et qui est la suivante :

« Soient A B, A D, E F, G H,... plusieurs lignes données par position, et qu'il faille trouver un point, comme C, duquel ayant tiré d'autres lignes droites sur les données, comme C B, C D, C F et C H, en sorte que les angles C B A, C D A, C F E, C H G,... soient donnés, et que ce qui est produit par la multiplication d'une partie de ces



(1) Ad. et T., t. Ier, p. 232.

lignes soit égal à ce qui est produit par la multiplication des autres, ou bien qu'ils aient quelque proportion donnée ; car cela ne rend pas la question plus difficile (1). » Rapportons toutes les longueurs à calculer à A B et à C B ; prolongeons toutes les autres lignes jusqu'à leur rencontre en A, E, G avec A B, et en R, S, T, avec B C, et posons A B = x, B C = y. « A cause que tous les angles du triangle A R B sont donnés, la proportion qui est entre les côtés A B et B R est aussi donnée, et je la pose comme de z à b, de façon que A B étant x, R B sera $\frac{bx}{z}$, et la toute C R sera $y + \frac{bx}{z}$, à cause que le point B tombe entre C et R... » (2). $\frac{z}{c}$ désignant ensuite le rapport $\frac{\mathrm{CR}}{\mathrm{CD}}$, C D sera $\frac{cy}{z} + \frac{bcx}{z^2}$. Par des remarques analogues, et en tenant compte des distances ou des rapports connus comme données du problème, Descartes trouve

$$\mathrm{CF} = \frac{ezy + dek + dex}{z^2}$$

$$\mathrm{CH} = \frac{gzy + fgl - fgx}{z^2}$$

Quel que soit le nombre des droites données, Descartes trouve ainsi, pour chacune des distances, de directions connues, du point C à ces droites, une expression du 1er degré en x et y, qui pour la première se réduit à y. On voit alors qu'en écrivant la condition du problème pour $2n$ ou pour $2n - 1$ droites, on aurait entre x et y une équation de degré n. Pour 4 droites, c'est une équation du second degré. Si, dans le cas général, on veut déterminer un point C quelconque, on se donne y et on a une équation dont les racines sont les valeurs inconnues de x. Tant que le lieu ne sera pas de plus de 5 droites, les valeurs de x seront fournies par une équation du second degré et pourront se construire à l'aide de la règle et du compas. Cela n'arrivera plus en général, sauf cas exceptionnels, à partir de 6 droites.

(1) Ad. et T., t. VI, p. 382.
(2) *Id.* t. VI, p. 383.

Mais faut-il s'en tenir à la formation d'équations à une inconnue plus ou moins compliquées, qui fournissent théoriquement l'x d'un point cherché, *quand on se donnera arbitrairement l'autre indéterminée* y correspondant à ce point ? Les équations en x et y, considérées en elles-mêmes, ne permettent-elles pas de parler de courbes géométriques décrites par ces points ?

Ici intervient la vieille pensée de Descartes, qu'il exprimait déjà dans une lettre à Beeckmann d'avril 1619. Quelle singulière idée que celle de ne nommer géométriques et de ne considérer comme telles que les lignes à la description desquelles suffisent la règle et le compas ordinaire, tandis que les autres devraient être nommées mécaniques ! Pourvu que les mouvements permettant de tracer une courbe ne dépendent que d'un seul d'entre eux, et qu'en somme la courbe soit issue d'un seul mouvement déterminant les autres, elle mérite d'être dite géométrique. Descartes écartant, comme il l'avait déjà fait autrefois, les lignes proprement mécaniques telles que la spirale, la quadratrice, etc., c'est-à-dire, en somme, ne consentant à garder que celles que nous nommons proprement algébriques, les voit aussitôt correspondant chacune à l'équation qui permettrait de rapporter tous ses points à ceux d'une droite, comme cela lui a si aisément réussi dans le problème de Pappus.

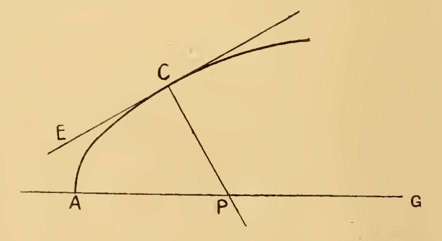
Comment classer toutes ces lignes géométriques ? se demandait-il déjà en 1619. Plusieurs procédés pouvaient répondre à la question, mais le plus simple n'était-il pas de classer les lignes géométriques d'après le degré de ces équations à deux indéterminées obtenues en les rapportant aux points d'une droite ? Et Descartes voit, dans les équations du lieu à trois et à quatre droites de Pappus, le type des lignes du premier genre (second degré) ; dans celles que fournit le problème de Pappus depuis cinq jusqu'à huit droites, le type des lignes du deuxième genre (troisième ou quatrième degré), etc. Enfin, ces types d'équation, si l'on fait varier les données de toutes les manières possibles, fourniront toutes les équations possibles, de sorte que la solution du problème de Pappus, étendue à tous les cas, donne le tableau complet de toutes les courbes que Descartes nomme géométriques. La classi-

fication parfaite de toutes les lignes, ou, si l'on veut, de tous les problèmes (plans, solides, sursolides), cette œuvre à laquelle Descartes songeait à Bréda,, quand il avait vingt-deux ans, et qu'alors il jugeait si ambitieuse, se trouvait du coup parachevée, et la lettre de janvier 1632 montre clairement que cette solution complète date du moment où il a rencontré sur sa route le problème de Pappus.

C'était d'ailleurs un jeu pour lui, en discutant l'équation générale du second degré que fournit le lieu à quatre droites, et en s'appuyant sur les théorèmes d'Apollonius, de retrouver selon les cas toutes les variétés des sections coniques, comme il l'expliquera dans la *Géométrie*.

Et enfin, il pouvait aussi revenir définitivement sur le problème des tangentes auquel il avait réfléchi jadis, et en donner la solution théoriquement applicable à toutes les courbes géométriques. C'est ce qu'il expose longuement dans la *Géométrie*, mais qu'il pouvait bien avoir réalisé très peu après ses recherches sur le problème de Pappus. En deux mots, sa méthode est la suivante :

Soit C un point de la courbe C E et C P la normale en C (toute la question est évidemment de construire cette normale, la tangente s'ensuivra aussitôt). P est le pied de la normale sur l'axe A G. Il est aisé de former, en fonction de l'x et de l'y du point C l'équation du cercle de centre P



et de rayon C P, et il suffit ensuite d'exprimer que le cercle rencontre la courbe donnée en des points dont deux sont confondus en C. Pour cela, après élimination d'une des variables, x, par exemple, entre les deux équations du cercle et de la courbe, on exprime que l'équation algébrique ainsi obtenue a une racine double, ou bien que son

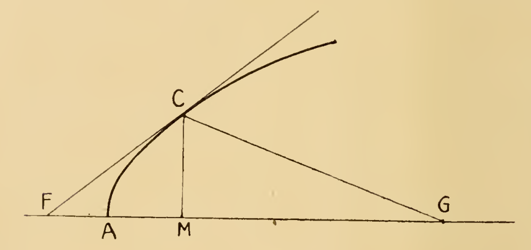
premier membre est identique au produit d'un polynome en y par le carré d'un binome $y-e$, e étant l'y du point C. Si, par exemple, la courbe est du troisième degré, Descartes écrit qu'un polynome du sixième degré est identique au produit d'un polynome du quatrième par le carré $y^2 - 2ey + e^2$. Les calculs peuvent être plus ou moins longs ou compliqués, Descartes a le sentiment d'avoir théoriquement résolu le problème pour toutes les courbes qu'il nomme géométriques, c'est-à-dire pour toutes celles que nous nommons algébriques.

Tel est l'ensemble des résultats dont l'exposé tient une si grande place dans la *Géométrie*, et qui réalise les vœux exprimés par Descartes en 1619. Comme pour bien marquer qu'ils se rattachent à son idée ancienne de donner l'existence à toutes les courbes issues d'un mouvement unique, au même titre qu'au cercle et aux coniques, et en les classant à leur suite, Descartes cite aussitôt après cet exposé l'exemple de ses ovales. « Au reste, dit-il (1), afin que vous sachiez que la considération des lignes courbes ici proposée, n'est pas sans usage, et qu'elles ont diverses propriétés qui ne cèdent en rien à celles des sections coniques, je veux encore ajouter ici l'explication de certaines ovales que vous verrez être très utiles pour la théorie de la Catoptrique et de la Dioptrique. » Les définitions qu'en donne Descartes sous leur forme plus ou moins compliquée, reviennent à celles qu'exprime la relation $u + n\,v = \mathrm{K}$, où n et K sont des constantes, et u et v les distances variables d'un point M de la courbe à deux points fixes F et G. Elles servent à résoudre le problème dont l'anaclastique n'était qu'un cas particulier : trouver une courbe telle que les rayons lumineux issus d'un point donné viennent, après réfraction sur la courbe, concourir en un autre point donné.

En dehors des propriétés optiques de ces ovales, la manière dont Descartes les étudie a de quoi nous intéresser pour achever de préciser l'idée qu'il se fait de ce que nous nommons sa *Géométrie analytique*. On croit volontiers que sa conception consiste essentiellement à choisir deux axes de coordonnées permettant de faire cor-

(1) Ad. et T., t. VI, p. 424.

respondre à tout point du plan deux segments algébriques parallèles à ces axes. Or, justement pour l'étude des propriétés optiques des ovales, qui exige elle-même la détermination de la tangente en un point, Descartes, dans l'indication générale de sa méthode pour les tangentes, a eu soin de dire (1) : « Même, encore que les points de la ligne courbe ne se rapportassent pas en la façon que j'ai dite à ceux d'une ligne droite, mais en toute autre qu'on saurait imaginer, on ne laisse pas de pouvoir toujours avoir une telle équation, comme si C E est une ligne qui ait tel rapport aux trois points F, G, A, que les lignes droites tirées de chacun de ses points, comme C, jusqu'au point F, surpassent F A d'une quantité qui ait certaine proportion donnée à une autre quantité, dont G A surpasse les lignes tirées des mêmes points jusqu'à G. »



Et Descartes prend alors comme première indéterminée z, correspondant au point C la quantité dont F C surpasse F A, F C et G C s'exprimant alors en fonction de z. La deuxième indéterminée est la distance à A de la projection M de C sur F G. Ce choix des indéterminées qui servira à l'étude des ovales, et l'indication de Descartes relative à tout autre « qu'on saurait imaginer », montrent bien quel est à ses yeux l'essentiel de sa méthode analytique : pour toutes les lignes courbes qui, selon son expression (2), « tombent sous quelque calcul géométrique », on exprime la propriété caractéristique de ses points par une relation entre deux indéterminées, choisies

(1) Ad. et T., t. VI, p. 416.
(2) *Id.* t. VI, p. 422.

arbitrairement et pour le mieux, l'une des deux étant pourtant dans tous les exemples de Descartes un segment porté à partir d'un point fixe sur une droite fixe. L'étude des propriétés de ces courbes et en particulier de leurs tangentes se ramène alors à une série de calculs algébriques.

La conception pouvait s'étendre aux figures de l'espace par une généralisation qui, certes, ne dépassait pas le génie de Descartes. Chose curieuse, l'idée ne semble pas lui venir de la représentation des surfaces, du moins, il n'en dit rien ; et, quant aux courbes tracées dans l'espace à trois dimensions, c'est à peine s'il consacre quelques mots à la fin du livre II de la *Géométrie*, à la possibilité de les représenter par des équations. Encore ces quelques mots contiennent-ils de graves erreurs : après avoir indiqué les projections de la courbe sur deux places rectangulaires comme pouvant servir à la déterminer, il parle de *la normale* en un point de cette courbe, et la définit par *les normales aux projections !...*

Là, en tous cas, se termine dans l'exposé de la *Géométrie*, l'ensemble des considérations qui, aux yeux de Descartes, forment un tout bien lié et qui durent se suivre d'assez près dans son esprit, à partir de ses méditations sur le problème de Pappus, c'est-à-dire à partir de 1631. Elles étaient préparées dès l'hiver de 1619 par sa recherche d'une classification générale des courbes, puis par ses travaux de l'hiver de 1620 sur les problèmes solides, travaux qui l'amenaient, nous l'avons vu, à manier l'analyse des anciens par la méthode qui leur était chère, et consistait à dégager de certaines lignes remarquables, par rapport à des axes particuliers convenablement choisis, des relations quantitatives liant deux indéterminées et servant ensuite à caractériser ces lignes. Descartes en était probablement resté longtemps à cette conception, puisque, nous l'avons dit, parmi les échantillons de ses travaux essentiels fournis en 1628 à son ami Beeckmann, aucun ne mentionne la généralisation définitive que dut seulement déclancher le problème de Pappus. Qu'enfin, l'idée générale de la classification des courbes d'après le degré date du même moment, c'est ce que prouve suffisamment la lettre à Golius de janvier 1632. Quant à la

méthode des tangentes, elle dut se constituer dans l'esprit de Descartes avec un peu plus de lenteur. Les essais qui nous ont été conservés dans ses manuscrits sur les ovales et dont la date ne saurait être fixée avec certitude entre les années 1631 et 1637, témoignent, en effet, de certaines hésitations, sinon de certaine inexpérience à manier sa méthode. C'est au point qu'on peut se demander comment Descartes avait été conduit à définir ses ovales à l'occasion du problème d'optique qui l'avait préoccupé, je veux dire comment il avait trouvé les ovales, quand il cherchait la courbe qui faisait concourir en un point après réfraction les rayons issus d'un autre point. La connaissance de la tangente était indispensable à la solution du problème, et les tâtonnements de Descartes nous le montrent possédant une définition précise des ovales, alors qu'il ne semble pas pouvoir encore réussir à leur appliquer sa méthode générale des tangentes. Toutes ses recherches, en tous cas, sur ce point, étaient certainement achevées avant la publication de la *Géométrie*.



De cet ensemble d'idées, comme d'ailleurs de l'œuvre mathématique entière de Descartes, ce que la postérité a retenu surtout comme sa création propre, par laquelle il a rénové la mathématique et déterminé tous ses progrès ultérieurs, c'est l'idée même de la *Géométrie analytique*. Cependant, si l'analyse cartésienne a en effet rendu des services inappréciables, le mot de création, qui lui est trop aisément appliqué, n'appelle-t-il pas quelques réserves ?

Un fait capital est à cet égard suggestif. Fermat avait, avant la publication de la *Géométrie*, utilisé lui aussi, avec moins de généralité, sans doute, mais avec la même clarté, avec la même précision, l'idée fondamentale de la *Géométrie analytique*, en représentant la droite par l'équation du premier degré à deux variables, et surtout en étudiant les coniques sur des équations du second degré. Cantor, l'auteur des *Vorlesungen*, avait depuis longtemps appelé l'attention sur l'importance de ces travaux de Fermat. En 1900, au Congrès de Philosophie de Paris, il

allait jusqu'à dire que le géomètre toulousain avait peut-être appliqué avec plus de clairvoyance que Descartes la conception fondamentale de la *Géométrie analytique*, puisqu'il donnait même l'équation de la droite que l'on chercherait vainement chez Descartes. Il faut bien convenir, d'après la correspondance de Descartes, et après la publication des œuvres de Fermat (par P. Tannery et Ch. Henry), que, sauf l'exagération où l'entraînait son zèle pour Fermat, Cantor avait raison sur la question de fait et de date. Et c'est là, dans l'histoire des concepts mathématiques, une chose assez grave pour que nous nous y arrêtions quelques instants.

Un exemplaire du volume de Descartes de 1637 avait circulé en France avant la fin de l'impression et une partie du livre, la *Dioptrique*, avait été soumise à Fermat : le Père Mersenne avait tenu à connaître son opinion sur ce traité. Mais nous sommes bien sûrs que seule cette partie du volume avait été placée sous ses yeux, car Fermat dit à la fin de sa lettre à Mersenne, après avoir formulé ses objections contre la *Dioptrique* : « J'attends la faveur que vous me faites espérer de voir par votre moyen les autres livres de M. Descartes... » (Tannery et Henry, tome II, p. 112.)

Descartes répond, le 5 octobre, aux critiques de Fermat, que Mersenne s'est empressé de lui faire connaître et, à son tour, Fermat répond à Descartes dans une lettre à Mersenne, dont nous n'avons pas la date précise, mais qui, assurément, n'est pas antérieure au 1er novembre. Cette lettre, qui, dans la pensée de l'auteur, était destinée à être lue par Descartes, ne contient pas la moindre allusion à la *Géométrie* : Fermat n'en a pas encore eu communication. Selon toute probabilité, il ne la lit que vers la fin de cette même année 1637. Aussitôt après, comme l'indique Baillet, il charge son ami Carcavi, dépositaire de ses écrits, de faire parvenir à Descartes, par l'intermédiaire de Mersenne, ses principales œuvres mathématiques ; et plusieurs lettres de Descartes à Mersenne — dont la dernière est encore du mois de janvier 1638 — confirment, par leurs discussions et allusions, l'envoi déjà fait par Mersenne : 1° du *De Maximis et Minimis* ; 2° du *De Locis planis et solidis*. Les dates sont

assez éloquentes et excluent l'hypothèse que quelque chose, dans ces travaux, eût pu être inspiré par la *Géométrie* de Descartes.

Il y a plus : nous pourrions croire que le *De Locis planis et solidis*, que Descartes dit avoir reçu, est seulement l'*Isagoge ad locos planos et solidos*. Or, Fermat apprenant que Roberval et Pascal (Etienne) viennent de prendre sa défense contre Descartes, à propos du *De Maximis et Minimis*, demande à Mersenne, en février 1638, ce que ces messieurs pensent aussi de son *Isagoge* et de son *Appendix* : d'où résulte que les manuscrits de Fermat que Carcavi avait été chargé de mettre en circulation dès la fin de décembre 1637 comprenaient non seulement le *De Maximis et Minimis* et l'*Isagoge ad locos planos et solidos*, mais encore l'*Appendix*.

Or, quel était le contenu de ces écrits ? Tous les historiens des mathématiques ont insisté sur la méthode par laquelle Fermat trouve les maxima et minima, et sur sa construction des tangentes, — qui ne nous intéressent ici, d'ailleurs, qu'indirectement. Mais je crois bien qu'avant la publication des œuvres de Fermat par Paul Tannery et Charles Henry, l'attention n'avait guère été appelée sur l'*Isagoge* et l'*Appendix*. Le premier de ces traités énonce, dès le début, le genre d'analyse auquel sera soumise la recherche générale des lieux : « Toutes les fois que, dans une équation finale, on trouve deux quantités inconnues, on a un lieu, l'extrémité de l'une d'elles décrivant une ligne droite ou courbe. La ligne droite est simple et unique dans son genre ; les espèces des courbes sont en nombre indéfini : cercle, parabole, hyperbole, ellipse, etc., etc... » — « Il est commode, pour établir les équations, de prendre les deux quantités inconnues sous un angle donné, que d'ordinaire nous supposerons droit, et de se donner la position et une extrémité de l'une d'elles ; pourvu qu'aucune des quantités inconnues ne dépasse le carré, le lieu sera plan ou solide, ainsi qu'on le verra clairement ci-après... »

Fermat étudie alors séparément les cas suivants : 1° l'équation aux deux variables, a et e, est du premier degré ; 2° elle est encore du premier degré par rapport à chacune des variables, mais contient le produit $a\,e$; 3° elle

est du second degré par rapport à l'une au moins des variables, avec ou sans rectangle *a e*. Il part, chaque fois, d'une équation assez simple pour qu'on y lise sans difficulté une propriété géométrique caractéristique du lieu, droite ($da = be$) ou hyperbole ($ae = z''$), etc. ; puis il montre que l'équation plus générale se ramène sans peine, par un changement de variables, au cas particulier d'abord envisagé.

C'est ainsi que, pour la droite, il commence par le cas où elle passe par l'origine des coordonnées. Puis la considération de quelques types d'équations simples du second degré, auxquels on peut ramener toutes les autres, fournit à Fermat une étude analytique complète de l'équation générale du second degré à deux variables. Le traité se termine par une application à une « très belle proposition », à savoir : « Etant données de position des droites en nombre quelconque, si d'un même point on mène à chacune d'elles une droite sous un angle donné, et que la somme des carrés des droites menées soit égale à une aire donnée, le point est sur un lieu solide donné de position. »

Dans l'Appendice au traité précédent, Fermat applique la méthode analytique qu'il vient d'exposer à la solution des problèmes solides (traduisez : à la construction des racines des équations du troisième et du quatrième degré). « Le plus commode », dit-il, « est de déterminer la question au moyen de deux équations de lieux ; car deux lignes données de position se coupent mutuellement, et le point d'intersection, qui est donné de position, ramène la question de l'indéfini aux termes proposés. »

Soit l'équation $a^3 + ba^2 = z''b$. En égalant chacun des deux membres au solide bae, nous obtenons d'une part $a^3 + ba^2 = bae$, ou $a^2 + ba = be$. D'autre part. $z''b = bae$, ou $z'' = ae$; l'extrémité de e se trouvera donc à l'intersection d'une parabole et d'une hyperbole données de position.

De même pour l'équation biquadratique $a^4 + b'''a + z^4a^2 = d^{\text{iv}}$, en égalant chacun des deux membres à $z^2 e^2$, Fermat se ramène à déterminer le point d'intersection d'un cercle et d'une parabole. Et, plus généralement, il résoud tous les problèmes cubiques et biquadratiques par un cercle et une parabole.

Voilà ce que contenaient les écrits que Fermat faisait

parvenir à Descartes, par l'intermédiaire de Carcavi et de Mersenne, dans le mois de décembre 1637. Il n'est pas nécessaire d'insister pour faire sentir à quel point la méthode cartésienne de représentation des lieux par des équations s'y trouvait clairement définie et appliquée, et à quel point aussi la préoccupation de Fermat d'en tirer la solution des problèmes solides est celle même de Descartes. Et ainsi, bien que la publication des travaux de Descartes ait été la première en date, il est incontestable que, de son côté, spontanément, et sans doute à peu près à la même époque, Fermat avait trouvé ce que beaucoup considèrent comme l'essentiel de la géométrie cartésienne.

***

Mais il est difficile de formuler pareille conclusion sans qu'aussitôt un nouveau problème se pose. Comment l'histoire de la pensée scientifique au XVIIe siècle ne nous fait-elle pas assister à quelque grand débat sur la priorité de la découverte ?

On sait quelles interminables querelles a suscitées, entre les partisans de Newton et ceux de Leibniz, l'invention du calcul infinitésimal. Rien de semblable à propos de la géométrie analytique ; nous trouverons difficilement, soit dans la correspondance échangée entre savants, soit chez les historiens des mathématiques, la moindre trace d'une dispute sur cette grave question.

Dira-t-on simplement que Fermat fut un modeste ; que, devancé par la publication de Descartes, il s'inclina sans hésiter devant les droits en quelque sorte légaux, que cette publication conférait à son rival, et qu'il se contenta de faire connaître ses travaux à Descartes lui-même et à quelques amis, sans songer à réclamer davantage pour sa réputation ? — Sa correspondance mathématique de 1637 et 1638 contiendrait au moins, semble-t-il, des traces de ses réflexions à ce sujet... Or, à part quelques allusions vagues à ses recherches générales sur les lieux, ce n'est guère de sa méthode de géométrie analytique qu'il entretient ses correspondants. Quand il se soucie des jugements qu'on porte sur ses travaux, il songe surtout à son

traité *de Maximis et Minimis*. Tout au plus, dans le *Post-scriptum* d'une lettre à Mersenne, il demande un jour ce que Roberval et Pascal pensent de l'*Isagoge* et de l'*Appendix ;* mais pas une seule fois nous ne le voyons observer ou insinuer que la méthode de Descartes n'est autre que la sienne. Il parle souvent de sa *Méthode*, il en est fier, il en énumère avec joie toutes les nouvelles applications. Mais, pour qui y regarde de près, « sa méthode » — sans qu'il sente le besoin de la désigner autrement — c'est celle qui lui permet de trouver les *maxima* ou les *minima* et en même temps de construire les tangentes aux courbes.

Au reste, il ne dépendait pas de Fermat qu'on soulevât un débat de priorité. Ses manuscrits, une fois connus du monde savant, n'allaient-ils pas fournir un aliment aux discussions que le père Mersenne savait si habilement susciter et entretenir autour des travaux de Descartes, — quand, d'ailleurs, les contradictions ou les accusations de plagiat ne surgissaient pas spontanément ? Et si, autour du Minime, la vivacité des querelles se trouvait atténuée par le talent et le caractère de la plupart des correspondants, de sorte que souvent l'âpreté de la dispute semble due à l'extrême susceptibilité de Descartes lui-même, — il n'en est plus de même ailleurs. Ici, c'est Vossius qui signalera dans un vieux manuscrit du Hollandais Snellius, l'énoncé de la loi de la réfraction, et qui ouvrira la question de savoir si Descartes avait eu ce manuscrit en sa possession. Là, c'est Cavendish qui, de passage à Paris, montre à Roberval un ouvrage posthume de Harriot, publié à Londres en 1631, sur la résolution des équations, et — qu'il l'ait voulu ou non — donne si bien corps à une accusation de plagiat que le grand mathématicien anglais Wallis n'a pas craint d'attribuer à Harriot la paternité de l'analyse de Descartes, et que Leibniz lui-même, sans trancher la question, mentionne cette découverte faite par les Anglais. Enfin, faut-il rappeler toute l'insistance que Descartes crut devoir mettre à affirmer l'originalité contestée de sa *Géométrie*, à montrer lui-même de quelle distance il dépassait Viète et ses contemporains ? Or, je ne crois pas qu'un mot ait jamais été dit par personne, au cours de ces disputes du XVIIe siècle, sur les titres que donnait à Fermat sa méthode de géométrie analytique. Il

est sans cesse question de la solution de Fermat et de celle de Descartes pour le problème des tangentes aux courbes ; les objections de Descartes contre la règle de Fermat suscitent une grande querelle où Pascal et Roberval prennent énergiquement la défense du géomètre toulousain. Mais ni l'un ni l'autre ne songent, pour rehausser les titres de leur ami, à signaler ce que son *Introduction aux lieux plans et solides* contenait de particulièrement intéressant ; — et, si Fermat, une fois incidemment, est amené à interroger Mersenne sur l'impression qu'ils en ont eue, je ne connais aucune lettre où cette impression ait été communiquée.

Quant à Descartes, n'a-t-il aucune remarque à faire quand il jette les yeux sur l'*Isagoge* et l'*Appendix ?* Certes, il pouvait encore penser que sa *Géométrie* renfermait bien d'autres richesses, mais du moins ne manifestera-t-il aucun sentiment, de quelque sorte que ce soit, à la vue du principe fondamental de la représentation des lignes par leurs équations, d'une tentative de classification des courbes d'après le degré, qui s'arrête, il est vrai, chez Fermat, au second degré, d'une résolution générale des équations cubiques et biquadratiques par l'intersection d'un cercle et d'une parabole ?

Dès qu'il reçoit le *De Maximis et Minimis*, il écrit une série de lettres où il s'entête à une critique, inexplicable d'ailleurs, de la méthode de Fermat pour la construction des tangentes ; et, quant au traité *De Locis planis et solidis*, qui lui arrive seulement quelques jours après le premier, voici tout ce qu'il trouve à dire à Mersenne : « Je ne vous renvoye point encore les écrits de monsieur Fermat *de Locis planis et solidis*, car je ne les ay point encore lus, et, pour vous en parler franchement, je ne suis pas résolu de les regarder que je n'aye veu premièrement ce qu'il aura répondu aux deux lettres que je vous ay envoyées pour luy faire voir (1). » Il est difficile de croire que Descartes n'ait pas eu la curiosité de jeter les yeux, si rapidement qu'il l'eût fait, sur ces travaux ; et n'y a-t-il pas alors de quoi s'étonner singulièrement du silence qu'il observe, quand si longtemps encore ses lettres seront

(1) Ad. et T., t. Ier, p. 503.

pleines d'allusions aux problèmes et aux méthodes proposés notamment par Fermat ? Eh quoi ! il vient de doter la science mathématique de ce merveilleux instrument qui va permettre — Descartes n'en a-t-il pas le sentiment ? — les découvertes les plus fécondes et les plus inattendues, et il n'a pas un mot, pas une remarque, quand il constate que l'essentiel de sa méthode était déjà l'œuvre d'un autre? Lorsqu'il s'agit de l'un des problèmes traités dans sa *Géométrie*, la construction des tangentes aux courbes, il accepte difficilement l'idée qu'on puisse mettre en parallèle avec la sienne la solution d'un autre, et, quand c'est le principe fondamental qui est en jeu, il ne manifeste aucune préoccupation et ne songe pas à prévenir par une lettre à Mersenne les remarques désobligeantes dont ne se priveront pas sans doute les nombreux amis de Fermat ? Eh bien, non... Ni Descartes, ni Fermat, ni Roberval, ni Mersenne, ni Pascal, ni aucun de ceux qui avaient si naturellement, semble-t-il, un jugement à formuler, ne souligne d'un mot ce fait considérable que la *Géométrie analytique* de Descartes se trouvait clairement définie, dans son principe et ses applications, par des écrits de Fermat antérieurs à la *Géométrie*.

J'avouerai que de semblables réflexions m'ont empêché longtemps de croire à la réalité du fait lui-même. Mais la lecture de la correspondance de Descartes, de Mersenne et de Fermat ne permettant plus de douter, force nous est de chercher ailleurs la solution de l'énigme, et il n'est pas impossible de la trouver.

Leibniz, dans un passage auquel nous avons déjà fait allusion (Remarques sur l'*Abrégé de la vie de M. Descartes*, Gerhardt, IV, 316), après avoir dit que Golius avait appelé l'attention de Descartes sur le problème de Pappus, ajoute : « Ce problème coûta six semaines à M. des Cartes et fait presque tout le premier livre de sa *Géométrie*. Il servit aussi à désabuser M. des Cartes de la petite opinion qu'il avait eue de l'Analyse des Anciens. J'ai cela de M. Hardy qui me l'a conté autrefois à Paris. » Leibniz ne manque pas une occasion de diminuer l'originalité de Descartes, mais ici du moins, en exprimant cette opinion que la solution du problème de Pappus est un retour à l'Analyse des Anciens, il traduit, je crois, le sentiment

général du XVIIe siècle. Nul sans doute n'aurait contesté le progrès réalisé par Fermat, et plus encore par Descartes sur la méthode des lieux géométriques des Grecs, mais nul n'aurait souscrit à ce jugement si souvent exprimé depuis Comte que l'un ou l'autre (Comte et nos contemporains n'ont jamais voulu parler que de Descartes), rapprochait pour la première fois deux sciences, géométrie et algèbre, « conçues jusqu'alors d'une manière isolée ». (Cours de Ph. positive, 1re leçon.) Et si l'on se reporte à ce que nous avons dit dans un chapitre antérieur, on trouvera sans doute que ce ne sont pas nos contemporains qui ont raison. Nous avons tâché de montrer quel a été à cet égard le progrès réalisé par Descartes depuis la solution par un cercle et une parabole des problèmes dépendant des équations du troisième ou du quatrième degré, solution à peu près calquée, sauf l'algorithme nouveau, sur la Méthode des Anciens, jusqu'à la conception générale suscitée par le problème de Pappus. Mais justement nous avons voulu faire sentir en même temps qu'entre les premiers pas et les derniers on ne pouvait parler de véritable changement de méthode.

Fermat et Descartes eux-mêmes ne semblent pas en avoir jugé autrement. Fermat déclare que chez les Anciens la recherche des lieux n'était pas suffisamment aisée ; mais il a le sentiment que son analyse, plus simple, il est vrai, se présente comme une suite naturelle aux travaux des Apollonius et des Archimède ; il s'y est préparé lui-même d'ailleurs par la reconstitution des lieux plans d'Apollonius. Quant à Descartes, nous pouvons être frappés de ce que, dans sa préface à la publication des *Essais*, c'est-à-dire dans le discours de la méthode, il ne dit pas un mot d'une création qui consisterait à représenter les courbes par des équations. Il a pourtant voulu appeler l'attention sur sa réforme des mathématiques, mais le résumé, qui, à ses yeux sans doute, donnait l'essentiel de sa réforme, ne parle que de sa conception de la mathématique universelle, c'est-à-dire de la science de la quantité, indépendamment des éléments concrets où on l'étudie, de sa décision de représenter par des droites tous les résultats des opérations effectuées sur des longueurs et enfin de la simplification qu'il apporte à l'écriture algé-

brique. C'est dans les conceptions et les réformes qu'il semble placer ce qu'il y a de plus original dans son œuvre : elles l'ont conduit, nous dit-il, à prendre le meilleur de l'Analyse des Anciens et de l'Algèbre des Modernes et à corriger l'une par l'autre. En d'autres termes, Descartes lui-même n'est pas loin de présenter son œuvre essentielle comme le meilleur de l'Analyse des Grecs, traduit seulement dans le langage simplifié dont il dote l'algèbre.

Et ainsi tombe la difficulté que nous avions rencontrée ; les savants du XVII[e] siècle n'ont même pas songé à poser la question de priorité entre Fermat et Descartes, tout simplement parce que la *Géométrie analytique* de ces derniers a paru continuer seulement en la développant et la complétant, la méthode des lieux géométriques des Grecs. N'était-ce pas déjà, d'ailleurs, le cas de Viète lui-même qui, pourtant, ne cherche pas de lieux par la géométrie analytique ; le procédé général par lequel il ramène les équations du troisième et du quatrième degré à des équations plus simples et qui consistent à introduire outre l'inconnue A une deuxième inconnue E, de telle sorte qu'on se ramène à deux relations entre deux inconnues, ne rappelle-t-il pas, au fond, le procédé des Grecs pour l'équation du troisième degré ? Fermat, en revenant plus franchement à l'Analyse des Anciens, continuait Viète aussi, dont il respectait jusqu'aux notations *a* et *e* pour les inconnues dont il faisait des coordonnées variables ; et Descartes ne dira-t-il pas qu'il a commencé là où Viète a fini ?

La *Révolution* que Comte et les historiens du XIX[e] siècle ont vue dans la *Géométrie analytique* de Descartes cache donc une illusion. Il ne saurait être question ni de révolution ni de création transformant radicalement les mathématiques et rénovant la science ; mais seulement de développement normal, après le retour aux Grecs, des idées directrices de leur analyse. Et cette vérité qu'on nous avait fait oublier ne saurait trouver une preuve plus saisissante que le spectacle de deux esprits tels que Fermat et Descartes aboutissant séparément l'un et l'autre, presque à la même date, sinon à l'œuvre achevée qu'est celle du second, du moins à l'énonciation du même principe d'où elle découle naturellement.

Ce n'est qu'arbitrairement que, dans tout ce qui précède, nous avons laissé de côté les recherches d'algèbre qui forment le contenu du livre III de la *Géométrie*. En réalité, ces recherches sont inséparables des premières : elles visent, en effet, la résolution, ou — pour parler le langage de Descartes que nous connaissions déjà dès ses premiers essais de l'hiver 1618-1619 — la construction des racines des équations.

Quelques propriétés essentielles des équations sont d'abord indiquées. C'est la formation du premier membre (le second étant zéro) en facteurs binomes tels que $x - a$, où a est positif ou négatif : les quantités a sont les racines, vraies si a est positif, fausses si a est négatif. Ce sont en même temps ces remarques : 1° que le degré, ou, comme dit Descartes, le nombre des dimensions est égal au nombre des racines ; 2° que ce nombre est diminué d'une unité chaque fois qu'on divise le premier membre par un binome $x - a$, où a est racine ; 3° qu'il peut y avoir autant de racines vraies que le premier membre présente de changements de signes, et autant de fausses « qu'il s'y trouve de fois deux signes + ou deux signes — qui s'entresuivent » ; 4° qu'on peut, en changeant x en $-x$, rendre fausses toutes les racines vraies, et inversement.

Descartes montre ensuite comment on peut augmenter ou diminuer les racines d'une équation d'une quantité connue, par un changement très simple d'inconnue ; et, comme conséquence, comment on peut : 1° faire toujours disparaître le second terme d'une équation ; 2° faire qu'elle n'ait plus de racines fausses ; 3° faire de son premier membre un polynome (Descartes dit une somme) complet, sans terme manquant.

De même, la transformation qui permet de multiplier ou de diviser les racines par tel facteur qu'on veut, sert ensuite : 1° à « réduire à des nombres entiers et rationaux les fractions et aussi les nombres sourds (c'est-à-dire irrationnels) qui se trouvent dans les termes » ; 2° à rendre « la quantité connue » (nous disons le coefficient) de l'un des termes égale à telle autre qu'on veut.

Et enfin vient la déclaration de Descartes que les équations, en outre des racines vraies ou fausses, peuvent en avoir d'imaginaires.

Ces préliminaires suffisent à Descartes pour aborder la solution des problèmes dépendant d'équations du troisième degré au plus. Il distingue tout d'abord les équations du troisième et du quatrième degré que l'on peut réduire en divisant leur premier membre par un ou plusieurs binomes de la forme $x - a$, où a est choisi parmi les diviseurs du terme tout connu. Les problèmes correspondants sont plans dès qu'on peut se ramener à des équations qui soient au plus à deux dimensions : la règle et le compas suffisent alors à construire les racines.

C'est à propos de cette question et incidemment que Descartes nous fait connaître sa méthode pour ramener en général la résolution de l'équation du quatrième degré à celle d'une équation du sixième, où la nouvelle inconnue n'a que des exposants pairs, c'est-à-dire en somme à celle d'une équation du troisième degré. Il commence par faire disparaître le terme du troisième degré, ce qui lui donne l'équation $x^4 + px^2 + qx + r = o$, puis on devine plutôt qu'il ne l'explique, qu'il identifie le premier membre au produit de deux facteurs du second degré, $x^2 - yx + z$, $x^2 + yx + \frac{r}{z}$, et que, éliminant z, il forme une équation tout naturellement du troisième degré en y^2.

Viennent ensuite les problèmes solides dépendant d'une équation du troisième ou du quatrième degré. Descartes expose ici la solution par l'intersection d'un cercle et d'une parabole, qu'il faisait connaître en 1628 à son ami Beeckmann, et qui, nous l'avons vu, remonte vraisemblablement à l'hiver de 1620.

Descartes pouvait s'en tenir à cette indication générale pour les problèmes solides. Il aime mieux, après avoir appliqué sa construction aux deux problèmes classiques des deux moyennes proportionnelles et de la trisection de l'angle, montrer que tous les problèmes du troisième degré, et par conséquent aussi ceux du quatrième peuvent se ramener à l'un de ces deux-là. Il le fait très simplement, d'ailleurs, en prenant tous les types d'équation du troisième degré sans second terme, et tantôt utilisant les formules de Cardan qui donnent pour l'expression des racines des sommes ou différences de racines cubiques,

ce qui ramène aux deux moyennes proportionnelles, tantôt identifiant l'équation avec celle qui résoud le problème de la trisection de l'angle.

Enfin Descartes veut généraliser la solution qu'il a donnée pour les équations du troisième ou du quatrième degré, et il traite complètement le cas d'une équation du sixième (celle du cinquième s'y ramenant par simple multiplication de tous les termes par l'inconnue). Sans expliquer mieux que dans le cas précédent comment il est amené à ces résultats, il vérifie que les racines cherchées peuvent se construire par l'intersection d'un cercle et non plus d'une parabole simple, mais d'une parabole cubique dont la définition est la suivante : l'axe d'une parabole de grandeur constante glissant le long d'une droite donnée, ou joint un point fixe du plan à un point déterminé de l'axe mobile de la parabole, la courbe en question se définit comme lieu des points de rencontre de cette droite et de la parabole. Descartes ajoute que le procédé n'aura qu'à se continuer pour les équations de degré de plus en plus élevé en remplaçant naturellement la courbe qui s'adjoint au cercle par une ligne d'un genre aussi de plus en plus élevé. Son indication, il faut bien le dire, est d'ailleurs des plus vagues.



Que ces travaux d'algèbre ne se séparent pas de la théorie générale des courbes qui, dans la *Géométrie*, remplit les deux premiers livres, c'est ce qui saute aux yeux. Les courbes s'exprimant par des équations, tous les problèmes qu'on peut se poser sur elles se ramènent immédiatement à des problèmes d'algèbre ; et inversement, la résolution des équations trouve tout son intérêt aux yeux de Descartes non pas tant dans l'expression des racines que dans leur construction à l'aide de courbes. Par là, il reste fidèle à ses goûts de jeunesse, et aux tendances de l'analyse des Grecs. La science qu'il veut édifier est toujours celle de la quantité continue ; les courbes jouent dans le cas général le rôle de la droite et du cercle pour les problèmes élémentaires ; les solutions des problèmes

sont toujours des longueurs déterminées par l'intersection de courbes plus ou moins compliquées.

Faut-il pourtant aller jusqu'à dire que la *Géométrie* de Descartes n'est en somme qu'une algèbre ? On a bien fait d'insister sur l'inexactitude de la vieille interprétation selon laquelle la *Géométrie* de Descartes consistait uniquement dans l'application de l'algèbre aux courbes géométriques. Mais l'exagération contraire ne serait pas exacte non plus. On sent à la lecture des deux premiers livres que les courbes intéressent aussi Descartes pour elles-mêmes. — Quand il ne s'agit pas d'une application concrète, à l'optique par exemple, comment comprendre sans cela le soin qu'il apporte à résoudre en toute sa généralité un problème comme celui des tangentes ? Pour les ovales, la connaissance de la tangente est nécessaire, il est vrai, à l'étude des propriétés optiques, qui ont été au fond la raison des recherches relatives à ces courbes. Mais on sent bien, soit à la lecture de la *Géométrie*, soit à l'ardeur qu'il montrera bientôt à discuter la méthode de Fermat (nous y reviendrons plus loin), on sent bien que la question purement théorique des tangentes aux courbes le passionne par elle-même. Et il serait difficile de voir là la préoccupation exclusive d'une construction plus précise des racines des équations dépendant de ces courbes. Aussi bien cependant, ne l'oublions pas, ce problème des tangentes utilise pour la première fois, avant le livre III, la méthode algébrique des coefficients indéterminés, qui a été si féconde en analyse, et dont Descartes a bien compris tout l'intérêt.



De l'ensemble des théorèmes et des règles d'algèbre qui forment le livre III, il en est peu qui aient échappé à quelque objection de la part des contemporains de Descartes. Souvent, ses affirmations sont incriminées pour qu'on ne le comprenne qu'à demi ; et cela n'a rien d'étonnant si l'on songe que l'auteur de la *Géométrie* a été volontairement incomplet. S'agit-il, par exemple, du nombre des racines positives d'une équation calculé d'après le nombre des changements de signe ? Descartes

se contente de dire qu'il peut y avoir autant de racines vraies que de changement de signe dans le premier membre de l'équation. C'est une indication assurément très brève pour ce que nous nommons précisément le théorème de Descartes, et les malentendus étaient possibles. S'agit-il de la nature des racines, la dénomination de racines vraies et de racines fausses pouvait laisser croire que les racines négatives n'avaient aucun sens pour Descartes. Or, s'il ne le dit pas explicitement, nous pouvons nous assurer en le lisant que dans l'étude des courbes il interprète par le sens de la direction et le changement de position les valeurs négatives, et c'est encore à bon droit qu'on fait remonter jusqu'à lui la véritable interprétation des racines négatives. C'est lui, d'ailleurs, qui a le premier parlé des racines *imaginaires* par opposition aux réelles. Mais les objections provenant d'une erreur d'interprétation ne sont pas les plus graves. Le plus souvent, c'est l'accusation de plagiat que nous trouverons sous la plume de Beaugrand ou de Wallis, comme un peu plus tard sous celle de Leibniz... C'est surtout Viète et Harriot qui sont nommés pour avoir fourni à Descartes l'essentiel de ses règles. Ici, il faut bien l'avouer, tous ceux qui ont pris la défense du géomètre français et se sont contentés d'affirmer, d'après son propre témoignage, qu'il n'avait même pas lu les ouvrages dont il était question, s'ils ont sauvé la bonne foi de Descartes, n'ont tout de même pas écarté toute filiation possible entre lui et ceux qui l'avaient précédé, tout particulièrement en ce qui concerne Viète.

Le protestant Viète était particulièrement aimé et étudié en Hollande, où devait se trouver la première édition de ses œuvres complètes. Comment ses belles découvertes d'algèbre n'auraient-elles pas filtré jusqu'à Descartes dans les mille conversations qu'il eut avec les savants hollandais — sans d'ailleurs que sa bonne foi dût en souffrir ? Nous savons bien, il nous l'a dit, qu'il s'exerçait toujours à démontrer les vérités dont il trouvait l'énoncé dans les livres, et nous pouvons ajouter qu'ayant démontré lui-même, il jugeait que les vérités lui appartenaient vraiment. Comment n'en eût-il pas été de même d'énoncés formulés d'une façon plus ou moins vague dans quelque conversation ?

Au surplus, si nous ne pouvons rien affirmer sur l'existence même de la filiation, nous nous trouvons en présence des faits certains que voici : quand Descartes s'exerce à la théorie algébrique des équations, elle est à peu près constituée par les travaux de Tartaléa, de Cardan, de Ferrari, de Bourbelli, d'Albert Girard et de Viète, sans parler de Harriot dont le livre paraît en 1631. — Tartaléa a trouvé la règle pour calculer la racine d'une équation du troisième degré. Cardan reprenant la question la traite plus complètement, a appelé l'attention sur le « cas irréductible ». En outre, il reconnaît le premier, semble-t-il, la multiplicité des racines d'une équation, parmi lesquelles il a noté les racines négatives aussi bien que les positives. Ferrari a démontré que l'on peut ramener la résolution de l'équation du quatrième degré à celle du troisième par une méthode qui ne sera pas d'ailleurs celle de Descartes. Bourbelli a vu par une construction géométrique que dans le cas irréductible le résultat des calculs qui semblent impossibles est pourtant réel, et il a même indiqué le moyen de se dégager des difficultés du calcul. Plus tard, en 1629, le Hollandais Albert Girard devait aller plus loin, et montrer que dans ce cas irréductible il existe toujours trois racines, deux d'un certain signe et l'autre d'un signe contraire. Viète, à son tour, après avoir, nous l'avons vu, quelque peu simplifié les notations, a résolu un certain nombre de problèmes généraux : augmenter, diminuer, multiplier, diviser les racines d'une équation et, comme application, faire disparaître le second terme, chasser les dénominateurs, débarrasser les équations des termes irrationnels, etc. Il a vu le premier (en supposant, il est vrai, que l'on n'ait affaire qu'à des racines positives) que les cofficients successifs donnent la somme des racines, la somme des produits deux à deux, etc. C'était là presque la formation du premier membre de l'équation par la multiplication des facteurs binomes, que Harriot donnait d'ailleurs en 1631. Viète, d'autre part, se rattachait aux anciens par ses constructions de racines, par ses études sur les sections angulaires et, en ce qui concerne les équations du troisième degré, aboutissait à cette remarquable conclusion énoncée dans les mêmes termes qu'un peu plus tard par Descartes ; la résolution

d'une équation du troisième degré se ramène toujours soit à la construction de deux moyennes proportionnelles, soit à la trisection de l'angle...

Comment songer un instant qu'après ces résultats acquis l'œuvre de Descartes en algèbre tombe du ciel et réalise d'un coup de génie justement toutes les mêmes découvertes ? Qu'il cite ses prédécesseurs comme Cardan ou qu'il n'ait jamais eu leurs livres sous les yeux, comme pour Viète et pour Harriot, ce n'est certainement pas par hasard que ses travaux se présentent comme la suite naturelle de tout ce qu'ils ont édifié. Il les dépasse, certes, soit par de nouvelles méthodes — par exemple celle des coefficients indéterminés — soit par son désir de généraliser davantage tous les résultats, d'achever, de compléter, de réaliser sur tous les points comme une science intégrale, mais on ne saurait songer même en renonçant à toute idée de plagiat ou à quelque mode précis de filiation entre Descartes et ses prédécesseurs immédiats, à voir dans son *Algèbre* pas plus que dans sa *Géométrie analytique* une sorte de création qui serait un commencement absolu, sans lien avec le temps et le milieu où il a vécu.

CHAPITRE VII

LA QUERELLE DE DESCARTES ET DE FERMAT AU SUJET DES TANGENTES

Dans les derniers jours de décembre 1637, Fermat faisait parvenir à Descartes, par l'intermédiaire de Carcavi et de Mersenne, quelques-uns de ses travaux et, en particulier, son traité *De maximis et minimis*. C'était un écrit assez court (1), donnant d'abord en quelques lignes l'indication de la méthode générale pour trouver les maxima et minima, puis, comme application, donnant la construction d'une tangente à la parabole.

La méthode générale est très simple : On donne à la variable A, dont dépend la grandeur étudiée, un accroissement indéterminé E ; et on égale la nouvelle expression de la grandeur à l'ancienne. Après avoir rendu entière l'égalité ainsi obtenue et effacé les termes communs aux deux membres, on divise ceux-ci par E, qui se trouve en facteur dans tous les termes, après quoi on remplace E par zéro dans les termes qui le contiennent encore. L'équation qui reste sert à déterminer A pour les valeurs maxima ou minima de la grandeur.

Quant à l'application aux tangentes, Fermat traitait l'exemple suivant : Soit (*fig.* 1) la parabole BDN, de sommet D, et, au point B, la tangente à construire, BE, qui

(1) On en trouve le texte intégral dans l'édition de Descartes Ad. et T., t. Ier, p. 493-495.

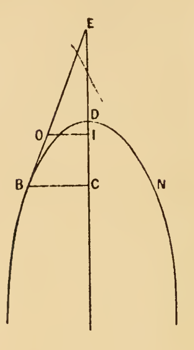


Fig. 1.

rencontre l'axe en E. Un point quelconque O de cette tangente étant extérieur à la parabole, si BC et OI sont les ordonnées des points B et O, on aura $\frac{CD}{DI} > \frac{\overline{BC}^2}{\overline{OI}^2}$, ou, à cause des triangles semblables, $\frac{CD}{DI} > \frac{\overline{CE}^2}{\overline{IE}^2}$.

Désignons les longueurs CD et CE par D et A, et soit CI = E.

On aura alors : $\frac{D}{D-E} > \frac{A^2}{(A-E)^2}$

ou $$D(A - E^2) > A^2(D - E).$$

Egalons les deux membres de l'inégalité, supprimons le terme commun $D.A^2$, et divisons les termes restants par E, nous obtiendrons :

$$D.E - 2A.D + A^2 = 0$$

ou, en faisant E = 0,

$$A = 2D,$$

qui fixe la valeur de la sous-tangente A (1).



(1) Seules les notations de Fermat ont été légèrement modifiées : l écrit Aq au lieu de A^2, D in E au lieu de D.E, D in A *bis* au lieu de 2A. D.

Dès qu'il a lu cet écrit, Descartes en envoie une violente critique à Mersenne (janvier 1638). Cette critique comprend deux parties distinctes.

Dans la première, Descartes essaie de montrer que la méthode générale *de maximis et minimis*, directement appliquée au problème de la tangente à la parabole, ne conduit nullement à trouver cette tangente, comme l'affirme Fermat. Reprenant, en effet, la figure et les notations de celui-ci, Descartes cherche la longueur maxima qu'on peut mener du point E à la parabole. On a $\overline{BE}^2 = A^2 + B^2$. . Quand EC devient A + E, DC devient D + E ; et comme le côté droit de la parabole est évidemment $\frac{B^2}{D}$, B'^2 devient égal à $(D + E) \times \frac{B^2}{D}$, et A^2 devient $(A + E)^2$. On trouve maintenant pour $\overline{BE}^2$ l'expression

$$(A + E)^2 + \frac{B^2D + B^2E.}{D}$$

Egalons-la à la première, nous obtenons :

$$A^2 + B^2 = A^2 + 2\ AE + E^2 + \frac{B^2 + B^2E}{D}$$

ou

$$2AE + E^2 + \frac{B^2E}{D} = 0$$

ou enfin, après division par E, et pour E = 0,

$$2A + \frac{B^2}{D} = 0,$$

« ce qui ne donne point la valeur de la ligne A, comme l'assure l'auteur, et, par conséquent, la règle est fausse ».

Dans la seconde partie de sa critique, Descartes porte son attention sur le raisonnement même de Fermat dans la construction de la tangente à la parabole, et montre que ce raisonnement, qui réussit pour la parabole, ne vaut plus rien déjà pour l'ellipse et l'hyperbole. On aura beau exprimer que le rapport des abscisses des points B et O doit être supérieur à celui des carrés des ordonnées, on ne pourra plus ainsi déterminer la tangente aux autres sections du cône.



Il faut l'avouer, la première impression qu'on éprouve

à la lecture de ces réflexions n'est pas favorable à Descartes. Par quelle aberration a-t-il pu comprendre — à ne parler d'abord que des derniers reproches — que la relation entre les carrés des ordonnées et les abscisses qui caractérise la parabole, et d'où dérive l'inégalité qui sert de point de départ à Fermat, pouvait être, dans la pensée du géomètre toulousain, la relation générale à utiliser en tous cas pour des courbes quelconques ? Lorsque dans une première lettre, qui est perdue, mais dont nous devinons le contenu par ce qu'en dit Descartes à Mydorge (1er mars 1638), Etienne Pascal et Roberval auront insisté sur cette erreur, les mêmes reproches se retrouveront dans la réponse de notre philosophe avec plus de précision encore. Partageant ses pages en deux colonnes, il reproduit d'un côté la démonstration de Fermat pour la tangente à la parabole, et de l'autre les mêmes mots, le même langage, la même écriture algébrique pour l'ellipse ou l'hyperbole, de manière à aboutir évidemment à une absurdité, — ce qui ne pouvait étonner personne, comme le lui redira bientôt Roberval. — Et quant à la première partie de la critique de Descartes, comment celui-ci n'a-t-il pas vu que Fermat définit la tangente en B non point par le fait que EB serait une longueur maxima ou minima, mais par cet autre que sur EB le point B est celui pour lequel une certaine quantité algébrique passerait par un minimum ? C'est encore ce que diront pour la seconde fois et de toutes leurs forces, après la réponse de Descartes adressée à Mydorge, les défenseurs de Fermat, ou tout au moins l'un d'eux, Roberval, reprenant en somme les mêmes arguments présentés une première fois par Et. Pascal et par lui (avril 1638). Ceux-ci ont tort, il est vrai, comme le dira Desargues au P. Mersenne (1), de déclarer absurde *a priori* qu'on parle de droites maxima ou minima parmi celles qui vont du point E à la parabole ; mais comme ils ont raison de ne pas accepter que la tangente en B à la parabole puisse se déterminer par la recherche d'une corde de longueur maximum ou minimum EB, comme Descartes en donne l'exemple en un raisonnement, dont en même temps il veut montrer l'inanité !

(1) Lettre du 4 avril 1638, publiée par M. Charles Henry, dans le tome IV des *Œuvres* de Fermat, p. 39.

En même temps, il est curieux de remarquer que ni eux, ni Desargues dans ses réflexions sur ce débat, ni Descartes lui-même, n'ont l'air de voir la vraie raison pour laquelle l'application que fait Descartes de la méthode de Fermat aboutit à une absurdité. Invoquer simplement, comme Roberval, le fait que les cordes menées de E à la parabole croissent indéfiniment, pour rejeter le maximum ou le minimum EB, ce n'est guère plus exact que l'hypothèse, admise sans discussion par Descartes, que la tangente EB est nécessairement la plus longue des droites allant de E aux premières rencontres avec la parabole. Et Desargues, quand il jugera qu'à propos des cordes passant par E on peut parler de plusieurs manières de maxima ou de minima, donnera raison à Descartes, sans s'apercevoir que celui-ci n'en parle que d'une façon incompréhensible pour construire la tangente par la méthode de Fermat. Il n'expliquera pas en tout cas l'étrange résultat obtenu par Descartes appliquant rigoureusement la méthode *de maximis et minimis*, à la recherche du maximum ou du minimum EB. Quant à Descartes lui-même, il voudra bientôt montrer comment il faut corriger le raisonnement qui l'a conduit à une absurdité, mais il ne s'apercevra pas qu'alors, au lieu de corriger la méthode de Fermat, il ne fera que corriger sa propre erreur.

De quoi s'agit-il, en effet, dans le raisonnement de Descartes ? Il s'agit manifestement de trouver les droites maxima ou minima allant de E à la parabole. Or, qui ne voit que ces droites sont les normales à la parabole menées de E ? Si EB (*fig.* 2) est une de ces normales, on sait bien

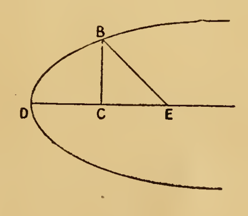


Fig. 2.

que la sous-normale CE est égale au paramètre, c'est-

à-dire à la valeur constante du rapport $\frac{BC^2}{2DC}$, de sorte que, avec les notations de Fermat et de Descartes, A est égal à $\frac{B^2}{2D}$. Or, c'est justement, au signe près, dépendant de la position du point E par rapport au sommet D, le résultat prétendu absurde du calcul de Descartes. Il faut joindre au point B ainsi déterminé son symétrique par rapport à l'axe, pour avoir une seconde solution ; et si enfin on remarque que l'existence simultanée des quantités B et D exclut la troisième solution évidente ED, on constate que l'application par Descartes de la méthode de Fermat à la construction des normales, comme lignes maxima menées de E, réussit merveilleusement. Descartes se trouvait donc faire la preuve de la valeur de cette méthode, quand il croyait en démontrer l'inexactitude. Il est étrange qu'Etienne Pascal et Roberval ne s'en soient pas aperçus.

Venons-en enfin à la correction de Descartes. C'est à Hardy qu'il montre, dans une lettre de juin 1638 (1), comment on doit modifier la méthode de Fermat pour la faire aboutir vraiment à la construction de la tangente. Il prend pour exemple une parabole cubique, mais son raisonnement pourrait aussi bien se faire sur la parabole simple. Le changement essentiel qu'il apporte est alors que l'accroissement E ou CF (*fig.* 3), donné à l'inconnue

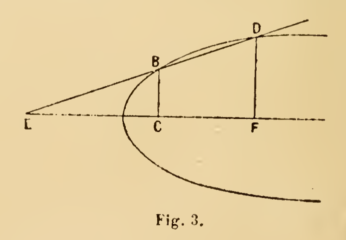


Fig. 3.

A ou EC, est celui qui correspond au second point de rencontre de EB avec la parabole. Il prend deux inconnues au lieu d'une, A et E, pose provisoirement une relation

(1) Ad. et T., II, p. 170.

arbitraire entre les ordonnées BC et DF, de manière à pouvoir écrire autant d'équations que d'inconnnues (1), résout le système, puis fait E = 0. Comme cette fois les points E, B, D, sont en ligne droite, en faisant E = 0 on passe bien vraiment de la sécante à la tangente. Mais comment Descartes ne voit-il pas que le problème est tout autre et que la nouvelle méthode n'est plus celle de Fermat ? La droite EB n'est plus la grande ligne menée de E à la courbe, mais la limite d'une sécante dont deux points de rencontre avec la courbe tendent à se confondre. Descartes a beau continuer à soutenir (2) que la tangente ainsi obtenue est la plus grande ligne menée par E à la parabole, cette affirmation reste extérieure à son raisonnement, elle est sans influence sur son résultat, ses calculs n'en tiennent pas compte. Il croit avoir corrigé la méthode de Fermat ; en réalité, il a cessé de s'appuyer sur un postulat que lui, Descartes, avait faussement énoncé, et il a résolu le problème par une voie, certes, absolument correcte, mais toute différente de celle de Fermat.



(1) La première équation s'obtient par les triangles semblables EBC, EDF, et par la propriété caractéristique de la parabole.

(2) En réalité, Descartes ne cessera jamais de le soutenir. A une lettre de Fermat que nous n'avons pas, mais où sans doute Fermat montrait que sa méthode réussissait très bien à déterminer les normales menées d'un point à une courbe, Descartes répondra (27 juillet 1638, II, p. 280) qu'il comprend enfin — mais il ajoute cette restriction : « Il est vrai que je ne vois pas encore pour quelle raison vous voulez que votre première règle, pour chercher les plus grandes et les moindres, se puisse appliquer à l'invention de la tangente, en considérant la ligne qui la coupe à angles droits comme la plus courte, plutôt qu'en considérant cette tangente comme la plus grande, sous les conditions qui la rendent telle. » Dans sa lettre à Mersenne du 23 août de la même année, Descartes y reviendra avec plus d'insistance encore. Les conditions qui à ses yeux font de la tangente la plus grande ligne sont manifestement celles qu'il a indiquées, quand il a « corrigé » la méthode de Fermat. Ce sont donc celles qui font de la tangente la position limite de la sécante. Cette idée de position limite, de position extrême, au delà de laquelle la droite issue de E ne rencontrerait plus la parabole implique évidemment le passage de certaines grandeurs par un maximum ou par un minimum, par exemple l'angle de EB avec l'axe de la parabole est un maximum... Et c'est peut-être ce sentiment plus ou moins confus qui fera dire à Descartes avec un certain entêtement que la tangente EB est elle-même un maximum, — quand en réalité la longueur EB, B décrivant la parabole, ne fait pas partie des grandeurs qui passent par un maximum pour la position de contact de la sécante.

Et maintenant, demandons-nous si dans quelque mesure au moins peut s'expliquer une semblable attitude ? Faut-il parler de mauvaise foi ? — Assurément non. Le ton de ses lettres à Mersenne, à Mydorge, à Hardy, écrites à l'occasion de ce débat, exclut vraiment une pareille hypothèse. Et Descartes tient trop aussi à sa réputation pour avoir répété à outrance des appréciations qui auraient risqué tôt ou tard de le faire baisser dans l'estime des mathématiciens. Sa sincérité est hors de doute.

Du moins, nous pouvons soupçonner qu'une sorte de bandeau posé sur ses yeux l'a empêché de voir clair quand l'envoi de l'écrit de Fermat, accompagné des réflexions du P. Mersenne, l'a fait croire à une provocation. Songez donc : après les objections sans valeur soulevées contre sa *Dioptrique*, n'était-ce pas de l'audace de la part du géomètre toulousain, de s'attaquer maintenant à sa *Géométrie*, à l'œuvre dont Descartes était si fier, et, dans cette œuvre, à la partie qui flattait le plus peut-être son amour-propre — à la construction des tangentes? « Je croiray avoir mis icy (1), dit-il dans la *Géométrie*, tout ce qui est requis pour les éléments des lignes courbes, lorsque j'auray généralement donné la façon de tirer des lignes droites qui tombent à angles droits sur tels de leurs points qu'on voudra choisir (2). Et j'ose dire que c'est cecy le problème le plus utile et le plus général, non seulement que je sçache, mais mesme que j'aye jamais désiré de sçavoir en géométrie. » Et c'était après avoir lu la solution complète donnée par Descartes à ce problème capital, que Fermat voulait lui faire sentir la maladroite complication de ses calculs, en lui mettant brusquement sous les yeux une méthode infiniment plus simple et plus rapide... Car Mersenne l'avait bien dit à Descartes : c'était après avoir lu la *Géométrie* que Fermat avait envoyé son écrit « s'étonnant de ce que Descartes n'avait pas trouvé la même chose (3) ». Et, interprétant ces informations, Descartes avait vu aussitôt chez le conseiller toulousain le

(1) Ad. et T., t. VI, p. 413.

(2) Les tangentes s'en déduisent naturellement aussitôt.

(3) Ad. et T., t. Ier, p. 486.

dessein « d'entrer en concurrence et de montrer qu'il savait en cela plus que lui ». S'il a consenti à répondre, c'est « qu'il faut bien qu'on voie ses défenses », mais, il l'a dit nettement à Mersenne : Si à l'avenir Fermat le charge d'envoyer à Descartes d'autres écrits, qu'il prenne la peine d'abord de les mieux rédiger sans quoi le Révérend Père est prié « de ne prendre point la commission de les lui adresser. — Car, entre nous, ajoute-t-il, passant du nouvel écrit de Fermat aux objections contre la *Dioptrique*, si lorsqu'il me voudra faire l'honneur de me proposer des objections il ne veut pas se donner plus de peine qu'il a pris la première fois, j'aurais honte qu'il me fallût prendre la peine de répondre à si peu de chose (1) ». Ainsi, aux yeux de Descartes, l'écrit *De maximis et minimis* est comme une nouvelle accusation, contre laquelle il consent encore, et pour la dernière fois, à se défendre. C'est un second et injurieux défi, venant à la suite du premier. On avouera sans peine que cet état d'âme de notre philosophe ne le préparait guère à une saine appréciation de l'œuvre de Fermat.

En second lieu, si le fond même de l'écrit de Fermat semble impeccable, il faut reconnaître que la rédaction laisse quelque peu à désirer : elle manque parfois de clarté par excès de concision. Par exemple, on ne dit pas d'où sort l'inégalité qui sert de point de départ au raisonnement dans le problème de la tangente à la parabole, et Descartes ne péchera pas contre la lettre même de l'écrit, en admettant que le raisonnement est proposé comme général pour toutes les courbes. On ne dit même pas, dans la principale application d'une méthode *De maximis et minimis* où est le maximum ou le minimum que l'on considère, et Descartes aura là une excuse quand il cherchera ce maximum ou ce minimum dans la longueur de la droite EB... Il eût certes suffi, à défaut de sang-froid, pour éviter de telles erreurs d'interprétation, que Descartes se fît une idée exacte de la valeur du géomètre toulousain, mais il en était justement encore assez éloigné...

Mais nous pouvons aller plus loin, et chercher si enfin

(1) Ad. et T., t. I, p. 486.

il n'y a pas quelques caractères des solutions de Fermat qui pouvaient par eux-mêmes déplaire au géomètre qu'était Descartes. La lettre de Desargues à Mersenne du 4 avril 1638 (*Œuvres* de Fermat, tome IV publié par M. Ch. Henry, p. 39) va peut-être nous y aider. Cette lettre était une réponse à l'invite de Mersenne de donner son sentiment sur le débat qu'avait provoqué l'envoi de l'écrit de Fermat à Descartes. Il n'a lu que les lettres de ce dernier, mais il a causé avec Pascal et Roberval d'une part, avec Mydorge de l'autre, Mydorge plutôt partisan de Descartes. Il connaît par eux les arguments des amis de Fermat, si bien que, quoiqu'il n'ait pas lu l'écrit même de Fermat, il en sait assez pour formuler un jugement qui a son intérêt, quoiqu'on sente bien en le lisant que sa bonne âme ne veut faire de peine à personne.

Sur la relation spéciale mise en évidence par Fermat dans la construction de la tangente à la parabole — relation que Descartes déclare trop évidemment ne plus pouvoir servir pour l'ellipse et l'hyperbole, — Desargues écrit (1) : « M'ont assuré lesdits sieurs Pascal et Roberval, que vous sçavez estre gens d'honneur et sans passion pour personne du monde en cette matière, qu'ils ont employé de cette façon la méthode des plus petites et plus grandes au faict des touchantes à l'hyperbole et à l'elipse en raisonnant sur chacune suivant les propriétés qui leur < en > sont particulières et qu'elle leur a également bien réussi aussi bien en cela comme en la parabole en raisonnant par des propriétéz particulières de la parabole de façon que ce que dit M. Descartes (qu'en substituant hyperbole ou elipse au lieu du mot de parabole, cette méthode alors se trouve fausse) est tout véritable ; car si la méthode est générale, les mêmes mots exprimants une mesme propriété doivent convenir et servir à chacune espèce de coupe. Or, les mesmes motz de ce raisonnement signifient une chose véritable aussi bien aux hyperboles et elipses qu'en la parabole, mais le raisonnement ne sera pas alors fondé sur une propriété particulière à la nature de l'hyperbole ou de l'elipse comme le raisonnement de

(1) *Œuvres* de Fermat, t. IV, p. 42.

cet exemple est fondé sur une propriété particulière à la nature de la parabole ; et j'estime que c'est là une partie du malentendu où l'erreur est au choix de la propriété pour raisonner dessus. Par ainsi, M. Descartes a raison et M. de Fermat n'a pas tort. » Si l'on sent l'effort de Desargues pour ne froisser aucun des adversaires, on voit mal à travers ces lignes pourquoi « Descartes a raison ». En se relisant, l'auteur de la lettre a constaté lui-même sans doute qu'il n'était pas clair, car il éprouve le besoin d'écrire en marge la note que voici (1) : « En relisant le tout j'ai voulu mettre hardiment cecy, à quoi je puis faire voir à MM. Pascal et Roberval qui y ont acquiescé, c'est que sans attendre plus de temps mon sens est que encore que M. de Fermat ait quelque raison, si tant que sa méthode soit bonne pour chaque coupe de cone en y raisonnant d'une propriété qui soit particulière à la nature de l'exemple qu'on donne, si est-ce que je suis du sentiment de M. Descartes qu'elle n'est pas générale et asseurée, jusqu'à ce qu'elle soit ajustée de façon que le raisonnement étant pris d'une propriété communément naturelle ou essentielle à la nature de chacune des espèces de coupe le sens des mêmes paroles employées en ce raisonnement pour une seule espèce de coupe convienne et serve généralement à chacune des autres espèces de coupe. (Autrement quant à moy), je ne la nommeray pas une méthode générale ny ne la recevray pas pour vraye jusques alors. » Ceci est plus clair : aux yeux de Desargues, le grave reproche que mérite ici Fermat est de donner pour la tangente à la parabole une méthode qui soit spéciale à cette courbe — au lieu de pouvoir s'appliquer à toutes les sections du cône. Nous en sommes peu surpris. De Desargues date en effet cette géométrie qui veut toujours procéder avec la plus grande généralité, considérant par exemple une conique comme coupée en tout cas par une droite en deux points, réels ou non, distincts ou confondus, à distance finie ou à l'infini — et les coniques elles-mêmes comme répondant à une même définition, comme douées des mêmes propriétés projectives générales. Est-il permis d'attribuer à Descartes le même

(1) *Œuvres* de Fermat, t. IV, p. 43.

sentiment, et d'expliquer par les mêmes raisons son mécontentement ? Non sans doute autant que semble le penser Desargues, mais oui pourtant dans une certaine mesure. C'est, en effet, un des caractères propres au génie de Descartes de poursuivre partout la plus grande généralité, au point de vouloir dans tous les domaines atteindre à une science achevée. Dans sa *Géométrie* tout particulièrement, ses méthodes veulent être le plus universelles possible, et la représentation des coniques par l'équation générale du second degré en x et y correspond bien au fond aux tendances de Desargues. Certainement donc son tempérament de géomètre pouvait être choqué par une méthode, si brève qu'elle fût, obligée de s'adapter à chaque variété de conique. Même s'il l'eût jugée exacte, il y aurait vu tout au plus un détail, une curiosité. « M. Fermat est un Gascon, moi non, dira-t-il plus tard à Schooten, dans une conversation familière. Il est vrai qu'il a inventé plusieurs belles choses particulières et qu'il est homme de grand esprit ; mais quant à moi, j'ai toujours étudié à considérer les choses fort généralement, afin d'en pouvoir conclure des règles qui aient aussi ailleurs de l'usage (1). » On objectera que si Descartes avait eu à reprocher à Fermat la nature trop particulière de sa solution, il eût pu le dire plus nettement.. .Sans doute, mais il n'en reste pas moins que nous touchons ici, avec Desargues, à l'un des caractères qui marquent le plus vivement la distance des méthodes de Fermat et de Descartes pour les tangentes, et en même temps, par conséquent, à l'une des raisons plus ou moins conscientes de l'attitude de ce dernier.

Sur l'autre point controversé, à savoir la question des longueurs maxima ou minima menées du point E à la parabole, et leur emploi dans le problème des tangentes, Desargues semble pencher plus manifestement encore du côté de Descartes. « Je luy dis encore cecy [à Mydorge] qui fait au faict de question assavoir que je trouve que toute ligne droite estant menée à l'infini au plan d'une coupe de cône si elle rencontre comme que soit cette

(1) Extrait d'une lettre de Schooten à Huygens (*Œuvres complètes* de Huygens, t. II, p. 221-222 ; Ad. et T., t. III, p. 333).

coupe de cône, elle a deux concours avec ses bords autant la touchante simplement que la diamétrale infinie de la parabole, et qu'en cette construction il y a trois espèces de plus grand et de plus petit, assavoir le plus grand et le plus petit de chacune de ces deux espèces de concours depuis ce point de la droite avec les bords de la coupe de cône... La troisième espèce de plus grand et de plus petit que je trouve à chercher en pareille construction est la droite menée par un tel point de laquelle la pièce contenue dans la figure et entre ses deux concours avec ses bords est la plus grande et la plus petite. Quand on y aura bien pensé, on trouvera qu'il en va ainsi quoy que veuille dire Mrs Mydorge, etc., et que la méthode générale pour trouver le plus grand et le plus petit doit contenir les moyens de trouver chacune de ces trois espèces et sous un mesme discours ou à peu près (1). »

Ces lignes répondent assez justement à l'entêtement de Roberval qui prétend ôter toute signification à l'idée même des droites maxima et minima menées d'un point à la parabole. Mais Desargues ne souffle pas mot de l'usage qu'en fait Descartes dans sa critique de la méthode de Fermat. Il n'oserait certainement pas déclarer que la tangente doit être cherchée comme « un plus grand » ou « un plus petit » des deux premières espèces. Seule la recherche du cas où « la pièce » comprise entre les deux concours est minimum, c'est-à-dire ici nulle, peut aboutir naturellement à la tangente. Et au fond c'est bien cette recherche qu'effectuera Descartes dans la prétendue correction du procédé de Fermat. Ce sera, certes, si peu conscient qu'il continuera à soutenir que la tangente est la longueur maxima EB. Mais, consciemment ou non, le procédé de Descartes reviendra en fait à définir la tangente la droite qui coupe la courbe en deux points confondus, comme il l'a fait en somme dans sa *Géométrie*, et comme il l'a sans doute toujours fait, puisqu'il déclare avoir donné il y a de longues années le procédé par lequel il croit pouvoir rendre la rigueur à celui de Fermat. Et ici malgré tout, par conséquent, nous touchons encore à une divergence de vues fondamentales entre Descartes et

(1) *Œuvres de Fermat*, t. IV, p. 45-46.

Fermat, tout à l'avantage d'ailleurs de Descartes, et qui peut avoir contribué au mécontentement de celui-ci. Fermat, en construisant comme il le fait la tangente à la parabole, la définit comme la droite qui n'a qu'un point commun avec la courbe. C'était là la vieille définition qui faisait en somme de la tangente une droite spéciale de nature toute particulière. Comme Desargues, Descartes avec son esprit généralisateur a voulu voir dans la tangente une sécante dont deux points de rencontre sont venus se confondre, tout comme une équation de degré m a m racines, même quand plusieurs deviennent égales. Cette tendance de notre philosophe n'est autre au fond que celle déjà notée. Les remarques de Desargues, qui s'inspirent précisément de cette même tendance dans ses objections à Fermat, nous ont aidé à en deviner l'influence possible sur les appréciations de Descartes. Il ne faut rien exagérer sans doute, et nous ne pensons pas qu'on puisse, pour expliquer celles-ci, se passer de certains éléments affectifs liés au caractère de Descartes, mais on n'est tout de même pas fâché de trouver aussi, parmi les raisons de son étrange attitude, des besoins intellectuels, plus ou moins conscients en la circonstance, qui ne pouvaient que faire honneur à son tempérament de géomètre.

II

Descartes et l'Analyse infinitésimale

La *Géométrie*, l'œuvre essentielle de Descartes en Mathématiques, est, nous l'avons vu, un achèvement, — magistral sans doute, — une sorte d'aboutissement de travaux remontant aux Grecs, plutôt qu'une création absolue. Faut-il penser, comme cela a été dit parfois, que Descartes eût été incapable, par son attachement aux idées claires, de dépasser les limites de cette œuvre, et de participer efficacement à l'élaboration des méthodes infinitésimales qui, de son temps déjà, commençaient à transformer vraiment l'esprit même de l'Analyse mathématique ? Ce qui est vrai dans cette manière de voir, c'est

qu'aux yeux de notre philosophe rien d'important ne peut être trouvé désormais, qui ne se rattache plus ou moins directement au contenu de la *Géométrie*. Mais d'instinct il était accessible à toutes les méthodes et à tous les ordres d'idées qui peuvent s'offrir en Mathématiques. Son attitude dans la querelle avec Fermat ne doit pas nous faire illusion à cet égard : elle n'est qu'un incident révélant ou confirmant un aspect de son caractère, mais ne prouvant en aucune manière l'existence de quelque limite restrictive à la nature de son génie inventif. C'est ce qui saute aux yeux quand on parcourt sa correspondance. Aux questions les plus diverses, aux difficultés proposées dans les ordres d'idées les plus éloignés les uns des autres, dès que son amour-propre est touché, il apporte une solution avec une étonnante rapidité. Et les procédés dont il use, au moins quand il les fait connaître, ne témoignent en aucune manière d'un attachement étroit et exclusif à l'esprit d'une méthode unique et déterminée dont sa *Géométrie*, à l'entendre lui-même, aurait fixé les linéaments. Il est impossible de citer tous les exemples que sa correspondance fournit de cette richesse d'invention. Je voudrais seulement m'arrêter à ceux où Descartes, avec une aisance naturelle, manie les considérations infinitésimales.



Nous l'avons vu déjà, dans ses premiers essais scientifiques de l'hiver 1619 (1), donner deux fois la preuve qu'il n'y répugne pas. C'était d'abord dans la démonstration qu'il avait donnée à Beeckmann pour établir sur les postulats du savant hollandais la loi de la chute des corps : il était allé d'emblée à un emploi rationnel des indivisibles. Puis, dans le mémoire sur la pesanteur des liquides dans des vases, il s'était appliqué, pour définir la pesanteur, à considérer la force entraînant un corps dans « le premier instant de son mouvement » ; il parlait volontiers de cette vitesse initiale, c'est-à-dire de la vitesse à ce premier commencement imaginable... Un peu plus tard, mais assurément de bonne heure, nous l'avons vu rompre avec la

(1) Voir ci-dessus, ch. Ier.

vieille définition classique de la tangente à une courbe, et s'en former une conception où il devait toujours et systématiquement se tenir, je veux dire la considérer comme la position limite d'une sécante quand deux points voisins tendent à se confondre.

Ces premières remarques suffiraient peut-être pour montrer que les obscurités naissant de l'infiniment petit et du continu n'étaient guère pour l'arrêter. Mais il y a mieux, et sa correspondance nous fournit au moins trois occasions importantes où nous pouvons le voir directement aux prises avec les problèmes fondamentaux de Géométrie infinitésimale.

A

Le premier est celui de quelques quadratures remarquables. — Le 28 avril 1632, le P. Mersenne avait transmis à Descartes de la part de Fermat une série de problèmes à résoudre sur la recherche de certains centres de gravité (1). Fermat disait en avoir trouvé facilement la solution à l'aide de sa méthode, et il ne serait pas fâché, écrivait-il au Minime, de voir si M. Descartes les pourrait trouver à son tour. Celui-ci, sensible à cette provocation, donne à Mersenne, dès le 27 juillet, des réponses précises aux questions de Fermat généralisées. A l'exemple de P. Tannery (t. II, p. 252), nous pouvons donner ces résultats en notre langage, qui résumera brièvement les indications de Descartes :

Soit $y^m = px$ une parabole de degré m.

1° Le rapport de la sous-tangente à l'abscisse est m ;

2° Le rapport de l'aire $2\int_0^x ydx$ au triangle inscrit xy est $\frac{2m}{m+1}$;

3° Le rapport des segments en lesquels l'abscisse est divisée par le centre de gravité de cette aire est $\frac{m+1}{m}$;

(1) Ad. et T., t. II, p. 119-120 et 122, note de Tannery.

4° Le rapport du volume $\pi \int_0^x y^2 dx$ au cylindre circonscrit $\pi x y^2$ est $\frac{m}{m+2}$;

5° Le rapport des segments en lesquels l'abscisse est divisé par le centre de gravité de ce volume est $\frac{m+2}{m}$.

Descartes avait mis peu de temps pour obtenir tous ces résultats. Par quelle méthode ? il ne l'a jamais dit. Mais nous avons vu et nous allons bientôt voir sur un autre exemple très remarquable l'aisance avec laquelle il maniait les indivisibles. Sa méthode devait tenir à la fois de celles d'Archimède et de celles de Cavalieri. « L'excellence du procédé de Descartes, dit Tannery (II, p. 253), éclate dans la rapidité avec laquelle il répond de la sorte à la provocation de Fermat... tandis qu'en 1641 Cavalieri en était encore à demander à Fermat la confirmation de ses propres résultats pour la quadrature des paraboles. »

B

L'autre exemple auquel je viens de faire allusion est plus édifiant encore et nous apporte des informations plus précises. Il s'agit cette fois d'un défi de Roberval transmis à Descartes par Mersenne dans cette même lettre du 28 avril dont il a été question plus haut. « Quant au sieur de Roberval, disait Mersenne, qui savait admirablement exciter l'amour-propre de notre philosophe, il a trouvé quantité de belles spéculations nouvelles, tant géométriques que mécaniques, et entr'autres je vous en diray une, à sçavoir qu'il a démonstré que l'espace compris par la ligne courbe ACB et la droite AB est triple du cercle ou de la roue ou roulette AEF ; or ledit espace est fait par la roulette qui se meut depuis A jusqu'à B, sur le plan ou sur la ligne AB, lorsque la ligne AB est égale à la circonférence de ladite roulette » (1). Le lecteur fera aisément la figure.

Dès le 27 mai, Descartes disait dans sa réponse à Mersenne : « Vous commencez par une invention de M. de Roberval, touchant l'espace compris dans la ligne courbe

(1) Ad. et T., t. II, p. 116.

que décrit un point de la circonférence d'un cercle, qu'on imagine rouler sur un plan, à laquelle j'avoue que je n'ay cy-devant jamais pensé, et que la remarque en est assez belle ; mais je ne voy pas qu'il y ait de quoy faire tant de bruit, d'avoir trouvé une chose qui est si facile, que quiconque sçait tant soit peu de géométrie ne peut manquer de la trouver pourvu qu'il la cherche » (1). Suit une série de remarques présentées par Descartes comme évidentes, ou comme si aisées à démontrer qu'il ne daigne pas perdre du temps à s'y arrêter. De ces remarques résulte ensuite tout naturellement la proposition énoncée par de Roberval. « Ce que je n'aurais pas ici, ajoute Descartes, pris la peine d'écrire, s'il m'avait dû coûter un moment de temps davantage qu'il en a fallu pour l'écrire. Et si je me vantais d'avoir trouvé de telles choses, il me semblerait faire le même que si, en regardant le dedans d'une pomme que je viendrais de couper par la moitié, je me vantais de voir une chose que jamais aucun autre que moy n'aurait vue » (2). A un tel mépris pour la difficulté du problème dont il s'agit, nous préférerions quelques indications plus précises. Et en somme nous serions aussi peu renseignés sur la méthode suivie par Descartes que nous le sommes pour les quadratures paraboliques, sans l'insistance de Mersenne, qui finit par recevoir, avec la lettre du 27 juillet 1638, un éclaircissement complet.

anopb étant la roulette, et AFC la courbe décrite par le point *a* ; FEO la position de l'angle droit *aeo* quand *o* est le point de contact de la roulette ; K et G les points de

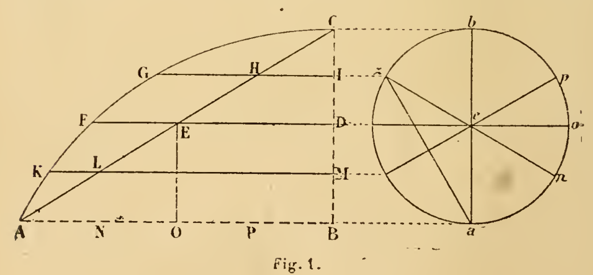


Fig. 1.

(1) Ad. et T., t. II, p. 135.
(2) *Id.*, t. II, p. 137.

la courbe correspondant aux cas où n et p, équidistants de o sur la roulette, viennent prendre la position du point de contact en N et en P ; L. et H étant les points où les parallèles KM, GI, rencontrent AC. Descartes montre d'abord, en se fondant sur le mode de description de la courbe et à l'aide de remarques élémentaires, que GH et KL ensemble sont égales à la ligne *az* inscrite dans la roulette, autant éloignée de son centre que ces lignes le sont de la droite FE, et qu'il en est de même pour « toutes les deux lignes, menées entre la droite AC et la courbe AFC, parallèles à FE et également distantes d'elle, l'une d'un côté, l'autre de l'autre... D'où il suit, ajoute Descartes, que si, sur une même ligne droite comme αβφω, on descrit le demi-cercle αδβ égal à la moitié de la roulette et la figure φγκψω, dont la partie φγκθε soit égale et semblable à FGCHE, et l'autre partie εθκψω soit égale et semblable à ELAKF (car AE étant égale à EC, et l'angle AEF à l'angle DEC, il est évident que ces deux parties de figures peuvent ainsy estre jointes), la base φω sera égale à αβ, et la hauteur de cette figure φκω égale à celle du demi-

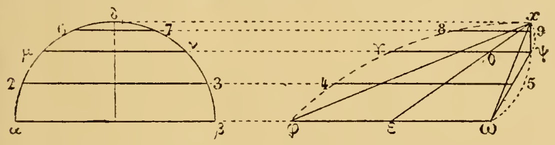


Fig. 2.

cercle αδβ. Et, outre cela, tous les segments des mesmes lignes droites parallèles à la base αβφω, qui seront compris l'un dans la figure φκω, l'autre dans le demi-cercle, seront égaux l'un à l'autre, comme γψ sera égal à μν ; 4-5 à 2-3 : 8-9 à 6-7 : et ainsy des autres. Ce qui prouve assez que l'espace φκω est égal au demi-cercle αδβ, pour ceux qui sçavent que généralement, lorsque deux figures ont mesme baze et mesme hauteur, et que toutes les lignes droites parallèles à leurs bazes, qui s'inscrivent en l'une, sont égales à celles qui s'inscrivent dans l'autre à pareilles distances, elles contiennent autant d'espace l'une que l'autre. Mais pour ce que c'est un théorème qui ne serait peut-être pas avoué de tous, je poursuis en cette sorte (1) ».

(1) Ad. et T., t. II, p. 260 et 261.

Ici, Descartes justifie son affirmation en inscrivant dans les deux figures une suite infinie de triangles respectivement égaux chacun à chacun, lesquels triangles, quand leur nombre augmente indéfiniment, épuisent les aires des deux figures. « Au reste, conclut Descartes, l'espace compris entre la droite AC et la courbe AKFGC étant égal au demi-cercle, il est évident que tout l'espace AFCB est triple du demi-cercle ; car le triangle rectiligne ABC est égal à tout le cercle, puisque la ligne AB est supposée égale à la moitié de la circonférence, et BC à son diamètre. » Après une dernière remarque pour étendre cette conclusion au cas où le point décrivant la courbe serait au dehors ou au dedans de la roulette, Descartes termine ce qu'il a dit sur ce problème par les mots suivants : « Et ce que j'ay mis ici fort au long, afin de pouvoir être entendu par ceux qui ne se servent point de l'analyse, peut être trouvé en trois coups de plume par le calcul (1) ».

Cette démonstration, élaborée en si peu de temps, est tout à fait remarquable. On y voit Descartes manier ce qui devait être l'essentiel de la méthode de Cavalieri avec la plus grande aisance. Certes, Kepler avait fait aussi spontanément usage des indivisibles, et même nous savons aujourd'hui par le « Traité de la Méthode » d'Archimède que le grand Syracusain n'hésitait pas à y avoir recours pour trouver des vérités nouvelles, sinon, il le pensait du moins, pour les démontrer en toute rigueur. Il est probable, je l'ai dit ailleurs, que la méthode des indivisibles a germé d'instinct dans le cerveau des premiers géomètres de l'Antiquité, et qu'elle n'est cachée dans leurs œuvres que par l'intention de dissimuler les considérations infinitésimales qu'ils ne jugeaient pas assez rigoureuses. La méthode d'exhaustion mise en règle par Eudoxe s'introduisit couramment à un moment donné, et c'est la seule en somme que nous trouvons dans les écrits des géomètres grecs, si l'on excepte ce fragment d'Archimède auquel je viens de faire allusion. Descartes, lui, n'est nullement choqué d'une conclusion qui se dégagerait de la seule vue des indivisibles ; il n'ajoute une démonstration élémentaire que pour ceux qui ne comprendraient pas ;

(1) Ad. et T., t. II, p. 263.

en elle-même, elle lui suffirait, tant il est loin d'être réfractaire aux conceptions infinitésimales.

Les derniers mots posent pour nous une énigme. Quel est ce calcul si extraordinairement simple par lequel il aurait pu suppléer à sa longue démonstration géométrique ?... Ce que ces mots laissent supposer ne peut en tous cas qu'ajouter à l'impression que nous cherchons à dégager ici de l'ingéniosité et de la richesse déconcertante des procédés mathématiques de Descartes.

C

Soit, dira-t-on peut-être, mais dans tout ceci les vues infinitésimales ne s'écartent pas de celles qu'on trouve chez Archimède et qui se ramènent toujours à l'intégration d'une série d'éléments infiniment petits en une grandeur déterminée. Descartes ne prouve pas par là qu'il ait eu l'idée de ce que nous nommons le Calcul différentiel. Il a naturellement conçu la tangente comme limite de la sécante, mais ne s'est-il pas arrêté là ? Il a ramené le problème des tangentes à exprimer que deux racines d'une équation à termes finis sont égales, mais a-t-il su entrevoir la possibilité d'équations différentielles pouvant à leur tour servir à déterminer des courbes, tout comme les équations entre coordonnées ponctuelles ? — L'étude que fit Descartes des lignes de de Beaune va peut-être suggérer une réponse inattendue à ces questions.

C'est le 15 novembre 1638 (1) que Descartes, écrivant à Mersenne, fait pour la première fois quelques allusions aux lignes de M. de Beaune, à la réponse qu'il a faite à ce géomètre au sujet de ces lignes, — réponse que nous n'avons pas, — à la prétendue solution de Roberval et de Beaugrand, enfin à la solution de de Beaune lui-même pour sa seconde ligne. Mais en réalité il nous faut attendre jusqu'à la lettre du 20 février 1639 (2), de Descartes à de Beaune, pour en savoir davantage.

Ce que nous apprenons avant tout de fort important par cette dernière lettre, c'est que les lignes de de Beaune sont définies par une propriété caractéristique de leurs

(1) Ad. et T., t. II, p. 420.
(2) *Id.*, t. II, p. 510.

tangentes. Descartes complimente de Beaune pour la quadrature qu'il a trouvé le moyen d'effectuer sur l'une d'elles. « Pour vos lignes courbes, lui dit-il, la propriété dont vous m'envoyez la démonstration me paraît si belle que je la préfère à la quadrature de la parabole trouvée par Archimède (1). Car il examinait une ligne donnée, au lieu que vous déterminez l'espace contenu dans une qui n'est pas encore donnée » (p. 513). C'est là le premier exemple historique de lignes courbes qui ne soient pas définies par une propriété caractéristique de leurs points, ou, comme dit Descartes, qui ne soient pas encore données, et sur lesquelles cependant on résout tel ou tel problème en s'appuyant sur une propriété des tangentes menées à ces courbes supposées déterminées. En somme, il s'agit de lignes définies par une équation différentielle. Descartes déclare que sa méthode des tangentes (pas plus d'ailleurs que celle de Fermat, ajoute-t-il) ne serait pas commode en pareil cas. Mais son esprit s'applique pourtant sans hésiter à ces recherches d'un nouveau genre. En étudiant la deuxième ligne, il a trouvé, dit-il, par des déductions *a posteriori*, une série de théorèmes qu'il ne nous fait pas connaître ; puis il indique une méthode plus générale et *a priori*, « à sçavoir par l'intersection de deux tangentes laquelle doit faire entre les deux points où elles touchent la courbe, tout proches qu'on les puisse imaginer, car en considérant quelle doit être cette courbe, afin que cette intersection se fasse toujours entre ces deux points, et non au deçà ni au delà, on en peut trouver la construction ; mais il y a tant de divers chemins à tenir, et je les ay si peu pratiquez que je n'en sçaurais encore faire un bon compte. Toutefois, vous verrez icy en quelle façon je m'en suis servy pour vos trois lignes courbes » (2). Et Descartes donne aussitôt une idée de ses recherches sur la deuxième ligne de de Beaune. Mais il juge inutile d'en rappeler l'énoncé, et celui-ci resterait pour nous une énigme peut-être difficile à résoudre à travers les raisonnements et les calculs, si nous n'avions la chance de trouver une infor-

(1) Cf., dans mes *Nouvelles Etudes sur l'Histoire de la pensée scientifique*, le traité de la méthode d'Archimède.

(2) Ad. et T., t. II, p. 514.

mation suffisante dans la lettre de juin 1645, où Descartes, s'adressant à nous ne savons quel correspondant, s'exprime ainsi (1) : « Et touchant les lignes courbes, on pourrait proposer celle-ci : Data qualibet linea recta N, et ductis aliis duabus lineis indefinitis, ut GD et FE, quæ se in puncto A ita intersecent, ut angulus EAD sit 45 graduum ; quæritur modus describendi lineam curvam ABO, quæ sit talis naturæ, ut a quocumque ejus puncto ducan-

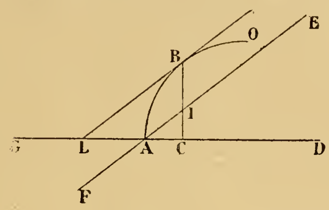


Fig. 3.

tur tangens et ordinata ad diametrum GD, (quemadmodum hic a puncto B ductæ sunt tangens BL et ordinata BC), semper si eadem ratio istius ordinatæ BC ad CL, segmentum diametri inter ipsam et tangentem intercepti, quæ est lineæ datæ N ad BI, segmentum ordinatæ a curva ad rectam FE porrectæ. — Cette question me fut proposée, il y a cinq ou six ans, par M. de Beaune, qui la proposa aussi aux plus célèbres mathématiciens de Paris et de Thoulouze ; mais je ne sache point qu'aucun d'eux luy en ait donné la solution, ny aussi qu'il leur ait fait voir que je lui ay envoyée. »

Il n'y a pas de doute : c'est bien là l'énoncé du problème qui nous intéresse, et la solution envoyée par Descartes est bien celle que nous met sous les yeux la lettre du 20 février 1639, sauf que, pour cette solution, Descartes a d'abord simplifié le problème à l'aide d'un changement de coordonnées, comme on va le voir. Tel qu'il est donné sous sa forme générale, l'énoncé se traduirait aisément pour nous par l'équation différentielle

$$\frac{y}{\frac{ydx}{dy}} = \frac{\text{N}}{y - x} \quad \text{ou} \quad \frac{dy}{dx} = \frac{\text{N}}{y - x}$$

(1) Ad. et T., t. IV, p. 229.

qu'il nous resterait à intégrer. Dans la lettre à de Beaune, de 1639, à laquelle nous revenons maintenant, Descartes prend pour axe AY (A étant le sommet de la courbe à construire) ; mais, « au lieu de considérer l'axe AY avec son ordonnée XY », il considère « l'asymptote BC, vers laquelle ayant mené des ordonnées parallèles à l'axe, comme PV, RX, etc., et des tangentes comme AC, ZVN, GXM, etc., j'ay trouvé, dit Descartes, que la partie de l'asymptote qui est entre l'ordonnée et la tangente d'un même point, comme PN, ou RM, etc., est toujours égale

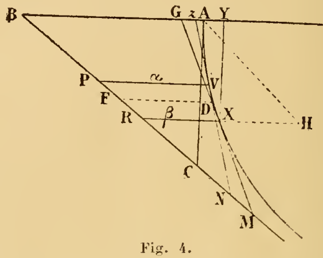


Fig. 4.

à BC, ainsi que vous verrez facilement par le calcul » (1). Ce résultat est pour nous des plus simples à établir. La transformation de coordonnées nécessaire pour passer des axes AY, AC aux axes BY, BC, où $AB = b$ (notation de Descartes), et où BC est inclinée à 45 degrés sur AY, nous donne, au lieu de l'équation différentielle ci-dessus écrite,

$$y\frac{dx}{dy} = \text{la sous-tangente} = b\sqrt{2} \text{ (au signe près) } [a].$$

Nous serions certes fort embarrassés pour dire comment Descartes pouvait, avec les procédés dont il disposait, parvenir si aisément à ce résultat. Du moins, la suite de la solution est exposée tout au long :

Soient V et X deux points de la courbe tels que, AB ayant été divisé en m parties égales, et l'ordonnée PV contenant n de ces parties, l'ordonnée RX en contienne n-1. Descartes montre par des considérations simples que PR est compris entre $\frac{b\sqrt{2}}{n}$ et $\frac{b\sqrt{2}}{n-1}$, de sorte que $\alpha\beta$ (la dis-

(1) Ad. et T., t. II, p. 514.

tance des deux ordonnées) est elle-même comprise entre $\frac{b}{n}$ et $\frac{b}{n-1}$. Comme il en est de même pour toutes les ordonnées parallèles à AB, et ne différant l'une de l'autre, à partir de AB, que d'une partie de cette longueur, on voit que si PV est les $\frac{3}{4}$ de b, AB étant divisé en 8 parties, PV en contiendra 6, et une autre ordonnée qui en contiendra 7 sera entre AB et PV, de sorte que Aα sera comprise entre $\frac{b}{8}+\frac{b}{7}$ et $\frac{b}{7}+\frac{b}{6}$.

— AB étant divisé en 16 parties. Aα sera compris entre $\frac{b}{16}+\frac{b}{15}+\frac{b}{14}+\frac{b}{13}$ et $\frac{b}{15}+\frac{b}{14}+\frac{b}{13}+\frac{b}{12}$, etc.

En augmentant ainsi à l'infini le nombre des divisions de AB, on resserrera Aα entre deux sommes de termes dont le nombre croît indéfiniment, de manière à avoir une valeur aussi rapprochée qu'on voudra de cette longueur. La connaissance de PV $\left(\frac{3}{4}b\right)$ et de Aα donnera le point V. On peut ainsi construire mécaniquement, dit Descartes, la ligne proposée. Et le mot mécaniquement achève de recevoir son sens plein par la remarque qui suit : Descartes observe que cette construction de la courbe revient au fond à la description par le mouvement simultané « de deux lignes droites en telle sorte que l'une étant appliquée sur la ligne AH et l'autre sur AB, elles commencent à se mouvoir également vite, AH vers BR et AB vers RH ; que celle qui se meut de AH vers BR retient toujours la même vitesse, mais que l'autre qui descend de BA parallèle à RH augmente la sienne » dans certaines proportions que précise Descartes. Il ajoute qu'à son avis « ces deux mouvements sont tellement incommensurables qu'ils ne peuvent être réglés l'un par l'autre, et ainsy que cette ligne est du nombre de celles qu'il a rejetées de sa *Géométrie*, comme n'étant que mécanique » (1).

Ces derniers mots de Descartes montrent trop clairement pour que nous ayons à y insister qu'il a bien vu la nature transcendante, dirions-nous aujourd'hui, de la

(1) Ad. et T., t. II, p. 516.

ligne étudiée. — La manière dont il calcule la valeur de l'une des coordonnées BP, ou, ce qui revient au même, de $A\alpha$, puisque $\left(A\alpha = \frac{BP}{\sqrt{2}}\right)$, étant donnée l'autre PV, en la resserrant entre deux suites infinies, est déjà fort remarquable et suffirait à prouver avec quelle facilité, s'il n'eût été distrait par d'autres préoccupations, il eût pris sa part des recherches sur les séries infinies, qui devaient si naturellement amener l'éclosion du Calcul différentiel.

Mais il y a plus, et on ne peut vraiment guère douter que Descartes n'ait vu aussi que la longueur ainsi calculée par approximation n'était autre qu'une fonction logarithmique de l'ordonnée PV, — comme nous le constatons nous-mêmes facilement sur l'équation différentielle (*a*). Il y avait en effet une quinzaine d'années qu'avait été publié le fameux ouvrage de Neper, l'inventeur des logarithmes, sous le titre : *Mirifici logarithmorum canonis descriptio*. L'ouvrage avait fait grand bruit, et il remontait à une époque où Descartes jeune ne dédaignait pas de s'instruire dans les livres des autres et d'acquérir ainsi cette érudition dont, d'après son témoignage, Beeckmann avait provoqué le réveil dans son esprit.

Si d'ailleurs un doute pouvait subsister à cet égard, les remarques sur le double mouvement qui peut servir à décrire la courbe rappellent vraiment trop la définition des logarithmes de Neper, pour que le doute ne soit pas dissipé. C'est en effet par un procédé mécanique que Neper posait les logarithmes. Il considérait deux droites que parcouraient simultanément deux points mobiles ; l'un gardait une vitesse constante, tandis que la vitesse de l'autre s'accélérait dans des conditions déterminées ; et le logarithme d'un certain chemin décrit d'un mouvement accéléré sur la deuxième droite était un chemin correspondant décrit sur la première d'un mouvement uniforme.

Tannery (II, p. 523) fait remarquer un autre point commun à Neper et à Descartes : c'est que l'un et l'autre, contrairement à un usage qui est né bientôt après Neper, ont considéré la fonction logarithmique $A\alpha$ comme croissante pendant que la variable (PV) décroît.

Et alors décidément non seulement Descartes n'a pas eu peur de s'attaquer à l'un de ces problèmes qui ne sem-

blent solubles qu'avec l'algorithme du Calcul différentiel, mais il l'a résolu ; et lui qui semble croire parfois avoir donné dans sa *Géométrie*, avec la théorie des équations algébriques ordinaires et celle des courbes qui y correspondent, les formules définitives de toute Mathématique à venir, — il a résolu une équation différentielle dont l'intégrale était une fonction transcendante. Ce qui montre à quel point son génie naturel, sans se laisser enfermer dans les limites d'aucune méthode déterminée était prêt à s'adapter au mouvement spontané de la pensée mathématique.

CHAPITRE VIII

DESCARTES ET LA NOTION DU "TRAVAIL"

Dans une lettre du 8 septembre 1638, Constantin Huygens disait à Descartes : « Si cependant vous êtes en peine de quelque divertissement parmi la profonde estude que je m'imagine vous occuper maintenant, je vous prie de sçavoir qu'il y a longtemps que je suis jaloux de cet honneste homme, en faveur duquel vous avez autrefois escrit le *Traicté de la musique*, et peut-estre ne vous lairray point en repos, *donec paria mecum feceris*, et m'aurez favorisé d'un traicté de trois feuillets sur le subject des fondements de la méchanique, et les quatre ou cinq engins qu'on y démonstre, *libra, vectis, trochleon*, etc., etc. J'ay veu autrefois ce que Guido Ubaldo en a escrit, et, depuis, Galilæo, traduit par le P. Mersenne, mais l'un et l'autre a peu de satisfaction, m'imaginant que ces gens-là ne font qu'envelopper de superfluités obscures une chose que je m'asseure que vous comprendrez en deux ou trois positions, n'y ayant rien à mon avis, qui se tienne d'une si claire et nécessaire [façon ?] (1) » Et le 5 octobre de la même année, Descartes répondait : « Pour ce que vous désirez des Méchaniques, il est vray que je ne fus jamais moins en humeur d'escrire que maintenant... Mais je ne veux pas laisser pour cela de vous envoyer l'escrit que vous demandez, vû principalement que vous ne le demandez que de trois feuillets... (2) » A la lettre

(1) Ad. et T., t. Ier, p. 396-397.

(2) *Id.*, p. 434-435

était joint un traité, assez court en effet, ayant pour titre : « Explication des engins par l'ayde desquels on peut avec une petite force lever un fardeau fort pesant. »

Les engins dont il était question étaient, dans l'ordre où Descartes les considère, la poulie, le plan incliné, le coin, la roue ou le tour, la vis et le levier. Mais avant l'examen de ces machines se trouvait énoncé le principe général sur lequel allaient se fonder toutes les explications : « L'invention de tous ces engins, disait Descartes, n'est fondée que sur un seul principe, qui est que la mesme force qui peut lever un poids, par exemple, de 100 livres à la hauteur de deux pieds, en peut aussi lever un de 200 livres à la hauteur d'un pied, ou un de 400 à la hauteur d'un demi-pied, et ainsy des autres, si tant est qu'elle luy soit appliquée. Et ce principe ne peut manquer d'être receu, si on considère que l'effect doit estre toujours proportionné à l'action qui est nécessaire pour le produire : de façon que s'il est nécessaire d'employer l'action par laquelle on peut lever un poids de 100 livres à la hauteur de deux pieds, pour en lever un à la hauteur d'un pied seulement, celuy-cy doit peser 200 livres. Car c'est le mesme de lever 100 livres à la hauteur d'un pied, et derechef encore cent à la hauteur d'un pied, que d'en lever deux cents à la hauteur d'un pied, et le mesme aussy que d'en lever cent à la hauteur de deux pieds... (1). »

Ce principe une fois posé ainsi en toute évidence, l'application en est faite par Descartes avec la plus grande aisance à la poulie, au plan incliné, au coin, au tour, à la vis. Seule la théorie du levier semble être à ses yeux d'une sérieuse difficulté ; il la résoud ingénieusement en assimilant à un plan incliné la courbe que décrit le point d'application de la force. Quoique la même question doive être reprise dans une lettre à Mersenne du 13 juillet 1638 [II, p. 228-238], on peut se borner, pour l'exposé de Descartes, aux quelques feuillets adressés à Huygens.

Nous ne saurions songer d'ailleurs à analyser ici ces pages, à la fois si lumineuses et si brèves qu'il faudrait les citer tout entières pour en donner le plus vite une idée exacte : mieux vaut y renvoyer le lecteur. Seul l'énoncé

(1) Ad. et T., t. Ier, p. 435-436.

du principe fondamental appellera ici notre attention et donnera lieu à quelques commentaires.

Comme on l'a observé déjà plusieurs fois (1), le principe de Descartes implique très nettement, quoique le mot n'y paraisse pas encore, la notion moderne du « travail » d'une force, et exprime en somme l'équivalence des travaux de deux forces, dont l'une est la puissance, l'autre la résistance.

Mais dans quelle mesure et pour quelles raisons Descartes a-t-il eu le sentiment que cette notion pouvait rénover les fondements de la Mécanique ? Et dans quelle mesure aussi réalisait-elle vraiment une révolution dans la suite des travaux de ses prédécesseurs ou de ses contemporains ? Ce sont là des questions sur lesquelles il convient de revenir, même après les études de Bouasse et de Duhem.

La correspondance de Descartes, en dehors du traité lui-même, est particulièrement édifiante, en ce qui concerne ses intentions.

Qu'entend-il d'abord par cette *force* qui élève à telle ou telle hauteur un poids, c'est-à-dire une autre force ? Les quelques lignes qui suivent l'énoncé du principe suffiraient déjà à faire soupçonner qu'il s'agit, dans la pensée de Descartes, d'autre chose que de ce que nous nommons proprement une force. A ce mot, en effet, un autre significatif se trouve substitué : *l'action* nécessaire pour produire tel ou tel résultat. Mais la lettre à Mersenne du 12 septembre 1638 vient ajouter un commentaire plus décisif encore : « Il faut surtout considérer que j'ay parlé de la force qui sert pour lever un poids à quelque hauteur, *laquelle force a toujours deux dimensions*, et non de celle qui sert en chaque point pour soutenir, laquelle n'a jamais qu'une dimension, en sorte que ces deux forces diffèrent autant l'une de l'autre *qu'une superficie diffère d'une ligne*. Car la mesme force que doit avoir un clou, pour soutenir un poids de 100 livres un moment de temps, luy suffit aussy pour le soutenir un an durant, pourvu qu'elle ne diminue point. *Mais la mesme quantité*

(1) Notamment Bouasse, dans l'*Introduction à la Mécanique*, et Duhem, dans *Les Origines de la Statique*.

de cette force qui sert à lever ce poids à la hauteur d'un pied ne suffit pas eadem numero *pour le lever à la hauteur de deux pieds, et il n'est pas plus clair que deux et deux font quatre, qu'il est clair qu'il y en faut employer le double* (1). » La distinction ne pouvait être plus clairement posée par Descartes entre les notions que le même mot risquait de faire confondre. Et le rectangle des deux dimensions caractérise trop nettement notre définition du travail pour que le moindre doute puisse subsister sur l'identité de sa conception avec ce qu'il y a de fondamental dans la nôtre.

Au reste, c'est encore Descartes qui dans la même lettre marque son intention bien arrêtée d'exclure ici toute considération de vitesse : « Que si j'avais voulu joindre la considération de la vitesse avec celle de l'espace, il m'eust été nécessaire d'attribuer trois dimensions à la force, au lieu que je luy en ay attribué seulement deux, affin de l'exclure. Et si j'ay tesmoigné tant soit peu d'adresse en quelque partie de ce petit escrit de statique, je veux bien qu'on sçache que c'est plus en cela seul qu'en tout le reste ».

Par ce désir bien net d'écarter toute considération de vitesse, Descartes rompait avec des habitudes courantes. En particulier Galilée, celui qui dans ses *Méchaniques* (traduites par le P. Mersenne en 1634) avait présenté la théorie des Machines avec le plus d'unité et de simplicité, la faisait reposer sur ce principe que les forces étaient inversement proportionnelles aux vitesses des points auxquels elles étaient appliquées. Autrement dit, Galilée postulait l'équivalence des produits formés par les forces et les vitesses respectivement imprimées ; Descartes, se refusant à parler des vitesses, postule l'équivalence des produits que forment les poids avec les hauteurs auxquelles ils s'élèvent respectivement.

Quelles sont donc les raisons de cette dernière attitude ? Quand il s'agit des machines, levier, poulie, etc., nous savons bien que les deux principes sont également vrais. Le principe de Galilée et celui de Descartes sont mathématiquement équivalents, car les points d'appli-

(1) Ad. et T., t. II, p. 352-353.

cation des deux forces décrivant leurs chemins dans le même instant, il revient assurément au même de poser l'équivalence des produits de ces forces par les chemins parcourus ou par les rapports de ces chemins au même temps. Descartes n'en doutait pas plus que nous. « La raison qui fait que je reprends ceux qui se servent de la vitesse pour expliquer la force du levier et autres semblables n'est pas que je nie que la même proportion de vitesse ne s'y rencontre toujours... » écrivait-il à Mersenne le 2 février 1643 (1). Alors qu'est-ce qui justifiait ses préférences ?

Dans sa lumineuse *Introduction à la Mécanique*, M. Bouasse explique théoriquement la supériorité de la conception de Descartes sur celle de Galilée. « Celle de Descartes, dit-il en substance (p.75), conduit tout naturellement à donner aux « travaux » une existence objective et à les considérer ensuite indépendamment des équations d'équilibre où ils entrent ; mais avec la méthode de Galilée, ne sera-t-on pas tenté de considérer comme la vraie mesure d'une force le quotient du travail par le temps, et de croire à la réalité objective de ce quotient ? » En fait, ajoute M. Bouasse, c'est ce qui est arrivé : à côté de Descartes et de Leibniz qui remit dans son vrai jour la notion du travail, ne constate-t-on pas chez les savants de la deuxième moitié du XVIIe siècle tout un courant de pensée qui tend à faire une entité du produit de la masse par la vitesse ?

Ces réflexions qui théoriquement sont irréprochables laissent place, au point de vue historique qui nous intéresse ici, à une objection grave : Si de la considération du travail, c'est-à-dire du produit de la force par le chemin parcouru, on a si aisément glissé, même en dépit des efforts de Leibniz, vers celle de la *Quantité de mouvement*, qui donc en fut responsable, sinon Descartes lui-même ? Qui donc a voulu faire reposer toute la Physique de l'Univers sur la notion qui à ses yeux avait la réalité et l'objectivité suprême, et dont la constance n'était rien de moins que le reflet dans le monde de la matière de l'immutabilité divine, je veux dire justement sur la notion de

(1) Ad. et T., t. III, p. 613.

cette *Quantité de mouvement*, sinon l'auteur du *Monde* et des *Principes ?*

D'où il sera permis de conclure que les intentions de Descartes, excluant la vitesse des fondements de sa statique, ne coïncident pas absolument avec les idées théoriques d'un savant du xxe siècle. Tout au plus peut-on dire que plus ou moins consciemment, en énonçant son fameux principe, notre philosophe était beaucoup plus proche de l'attitude de Leibniz que ne le croiront plus tard ses disciples. Mais en tous cas, il faut chercher ailleurs la raison consciente de son choix.

Il suffit, pour la trouver, de lire attentivement ce qu'il écrit à ce sujet au P. Mersenne, à plusieurs reprises. Le 12 septembre 1638, il écrit : « Plusieurs ont coutume de confondre la considération de l'espace avec celle du temps ou de la vitesse, en sorte que, par exemple, au levier, ou ce qui est le mesme, en la balance ABCD, ayant supposé que le bras AB est double de BC, et que le poids en C est double du poids en A, et ainsy qu'ils sont en équilibre, *au lieu de dire que ce qui est cause de cet équilibre est que si le poids C soulevait ou était soulevé par le poids A, il ne passerait que par la moitié d'autant d'espace que luy*. ils disent qu'il irait de la moitié plus lentement, ce qui est une faute d'autant plus nuisible qu'elle est plus malaysée à reconnaistre ; car ce n'est point la différence de la vitesse qui fait que ces poids doivent être l'un double de l'autre, *mais la différence de l'espace*, comme il paraît de ce que, pour lever le poids F avec la main jusques à G, il n'y faut point employer une force qui soit justement double de celle qu'on y aura employée le premier coup. si on le veut lever deux fois plus vite ; mais il y en faut employer une qui soit plus ou moins grande que la double, selon la diverse proportion que peut avoir cette vitesse avec les causes qui luy résistent... » et plus loin « ... il est impossible de rien dire de bon et de solide sur la vitesse, sans avoir expliqué au vray ce que c'est que la pesanteur, et ensemble tout le système du monde. Or, à cause que je ne le voulais pas entreprendre, j'ay trouvé moyen d'omettre cette considération, et d'en séparer tellement les autres que je les puisse expliquer sans elle... » (1).

(1) Ad. et T., t. II, p. 353-355.

Sans multiplier les citations, on voit bien quel est le nerf de l'argumentation de Descartes pour justifier son Principe. Dans les machines, les vitesses, comme les chemins que parcourent les points où sont appliqués les poids, sont inversement proportionnelles à ceux-ci. Mais tandis que le rapport des chemins est la raison du rapport des poids, et peut théoriquement servir à l'expliquer, le rapport des vitesses, quelle que soit ici sa valeur particulière, ne saurait fournir la cause du rapport nécessaire des poids (1). Tout le monde comprendra qu'à vitesse égale, l'élévation d'un poids à une hauteur double demande une action double ; tandis que, en général, abstraction faite du cas des machines, la question de savoir quelle est l'action nécessaire pour imprimer une vitesse double est très compliquée ; elle dépend d'une foule de circonstances. Descartes ne renoncerait pas, à la rigueur, à en donner la solution, mais il lui faudrait pour cela remonter à la nature de la pesanteur, et à la physique intégrale de l'Univers. C'est ce qu'il avait essayé de réaliser quelques années auparavant dans son *Traité du Monde*. Mais celui-ci était à refaire, et il eût fallu attendre la publication des *Principes*. Pour le moment, il était plus simple de faire abstraction des vitesses, et d'user d'un principe ne visant que les hauteurs, et qui était l'évidence même.

Cette attitude de Descartes peut donner lieu à deux sortes de remarques pour qui cherche à saisir chez lui les traits essentiels de la pensée scientifique.

D'une part, on notera que, mis en présence du problème de l'équilibre de la balance, du levier, etc., sachant l'égale aptitude de deux principes à servir de base à la solution complète du problème, ayant le sentiment de leur équivalence mathématique et par conséquent de leur égale évidence, quand on ne sort pas du problème tel qu'il est posé, Descartes sent le besoin de s'élever très haut au-dessus du cas particulier qui lui est soumis, et de formuler un principe assez général pour exprimer une vérité indépendante des circonstances spéciales où l'on se trouve. C'est assurément là une des exigences les plus

(1) C'est ce que Descartes exprime plus clairement encore dans sa lettre du 15 novembre 1638 : « Galilée explique fort bien *Quod ita sit*, mais non pas *Cur ita sit*, comme je fais par mon principe. » (t. II, 433).

fréquentes de son esprit. Il a soif de science universelle, d'une solution intégrale des problèmes, d'une connaissance totale du monde... Et c'est un des points sur lesquels il s'est le mieux jugé lui-même. On se rappelle ce qu'il disait à Schooten à propos de Fermat dans une conversation familière (1) : « Il est vrai qu'il a inventé plusieurs belles choses particulières et qu'il est homme de grand esprit, mais quant à moi, j'ai toujours étudié à considérer les choses fort généralement, afin d'en pouvoir conclure des règles qui aient aussi ailleurs de l'usage. » De même il dit, dans une lettre à Mersenne, à propos de Galilée (2) : « Il ne s'arrête point à expliquer tout à fait une matière, ce qui montre qu'il ne les a point examinées par ordre, et que, sans avoir considéré les premières causes de la nature, il a seulement cherché les raisons de quelques effets particuliers... » Nous ne nous inspirerons pas de ces appréciations pour juger nous-mêmes des savants comme Fermat et Galilée, mais il nous est permis, pour mieux connaître Descartes, d'y chercher un témoignage conscient de ce besoin de généralité et d'universalité qui semble bien guider notre philosophe dans ses recherches sur les questions les plus restreintes et les plus spéciales.

En second lieu (et cette seconde remarque ne nous éloignera pas outre mesure de la précédente), à lire de près les raisons du choix que fait Descartes entre son principe et celui de Galilée, on voit sans peine qu'elles n'ont rien d'absolu. On dirait que la vitesse, du seul fait qu'elle existe, n'est éliminée qu'à regret, parce que la considération de cet élément soulèverait des difficultés non résolues. Ne faudrait-il pas, pour raisonner sur lui correctement, connaître à fond tout ce qui s'y rattache dans le monde, savoir quelle est exactement la nature de la pesanteur, avoir achevé la science totale de l'Univers ? En attendant l'achèvement de cette science intégrale, l'emploi du principe qui ne fait intervenir que les hauteurs, apparaît, dirait-on, comme un moyen provisoire de résoudre le problème posé. Nous trouvons ici, dans un cas parti-

(1) Voir Chap. VII.

(2) Ad. et T., t. II, p. 380.

culier, la difficulté qu'il y a pour Descartes, ou tout au moins l'hésitation à abstraire, dans une question de physique, quelqu'un des éléments qui composent le monde réel. Il a plus ou moins confusément l'impression que c'est déformer la réalité, fausser la science, et risquer de bâtir dans le vide, que de ne spéculer, à propos d'un problème quelconque, que sur une partie des facteurs dont il dépend. C'est un côté de la pensée de Descartes que Paul Tannery a bien mis en évidence (1) et sur lequel je n'insisterai pas ici davantage.



Reste à répondre brièvement à cette question : Dans quelle mesure la solution cartésienne du problème des machines se rattache-t-elle au mouvement scientifique de son temps ? Dans ses savantes études sur « les Origines de la Statique » Duhem nous montre deux courants de pensée, l'un issu d'Aristote, qui pose l'équivalence de deux puissances comme répondant à l'égalité des produits des poids mus par leurs vitesses, l'autre prenant naissance dans la science occidentale dès le XIIIe siècle et attribuant un rôle plus ou moins important, dans la théorie des machines, au produit du poids par le déplacement vertical. Plus particulièrement, parmi les prédécesseurs immédiats ou les contemporains de Descartes, Duhem appelle l'attention sur le cours mathématique d'Hérigone, plus proprement sur sa théorie du siphon, sur la théorie des moufles de Stevin, sur le raisonnement de Galilée relatif au plan incliné, etc., où il voit incidemment une attraction manifeste du second courant sur des savants, qui en général pourtant se rattachent au premier. Il cherche à marquer impartialement le progrès réalisé par Descartes ; mais en même temps, il considère qu'après Hérigone, Stevin, Galilée, Descartes a seulement changé la forme de la science de l'équilibre par l'ordre et la clarté qu'il y a imprimés, sans en accroître en rien la matière, sans y

(1) *Revue de Métaphysique et de Morale*, année 1896, Descartes physicien.

ajouter une seule vérité inconnue avant lui. Et enfin, sans préciser exactement quelle fut la filiation qui rattacha ainsi notre philosophe aux efforts de ses prédécesseurs immédiats, Duhem laisse entendre volontiers qu'il les connaissait bien ; il ne pouvait pas ne pas avoir lu le *Cours mathématique* d'Hérigone, *Les Méchaniques* de Galilée, traduites par Mersenne ; il avait lu Stevin puisqu'il cite de lui telle formule, etc., de sorte qu'il n'aurait fait en somme qu'emprunter aux autres la notion qu'il devait utiliser, sauf à en généraliser l'emploi.

Nous acceptons les patientes analyses du savant qu'était Duhem : elles nous montrent dans les travaux les plus obscurs des éclairs par lesquels leurs auteurs ont pu être en quelque mesure les précurseurs de notre science moderne. Et en particulier il est du plus haut intérêt de constater avec lui, peu de temps avant que la notion du travail fût mise par Descartes à la base de la statique, que cette idée était plus ou moins dans l'air. Cela nous surprend peu d'ailleurs et continue à confirmer cette impression, que donnent déjà nos précédentes études, que les recherches scientifiques de Descartes s'insèrent étroitement sur celles de son temps. Mais d'une part cela n'exclut pas l'importance du progrès qu'il réalise, et d'autre part il se peut bien que lui-même n'ait pas conscience des emprunts qu'il fait à l'œuvre collective de ses prédécesseurs, et garde en toute sincérité le sentiment qu'il apporte une révolution là où il est simplement un continuateur de génie.

Pour ce qui est ici du progrès réalisé par Descartes, c'est Duhem lui-même qui nous aide à en comprendre toute la valeur. « Le premier, dit-il, il a vu dans ce produit (du poids par l'abaissement vertical) le concept fondamental de la mécanique ; par là il est, sinon le véritable créateur, du moins le plus influent promoteur de la notion de travail, autour de laquelle pivote notre science actuelle de l'équilibre et du mouvement (1). » C'était là aussi le sentiment de Bouasse, c'est celui, je crois, de quiconque apprécie en toute impartialité l'intuition géniale de Descartes. Et cela suffirait peut-être pour qu'on

(1) Duhem : *Les Origines de la Statique*, p. 350.

n'accepte pas sans réserve l'autre conclusion de Duhem d'après laquelle le *Traité des Machines* n'a apporté aucune vérité inconnue avant lui.

Mais une autre remarque s'impose ici, me semble-t-il : Comment expliquer, si Descartes se bornait à changer la forme de vérités connues ou tant de fois implicitement énoncées, comment expliquer qu'il ait eu tant de peine à faire accepter son principe fondamental ? Qu'on jette les yeux sur la *Correspondance* à partir de septembre 1638, et l'on sera frappé des longs efforts qu'il fait dans ses lettres à Mersenne pour se faire comprendre, pour faire accepter sa hardiesse, pour écarter toutes les objections plus ou moins conscientes par lesquelles il cherche à expliquer l'aveuglement de beaucoup de ses contemporains. Combien de ceux-là pourtant ont lu Hérigone ou Stevin ! Et que dire de Mersenne qui, lui aussi, a besoin qu'on lui ouvre les yeux ? il connaît au moins *Les Méchaniques* de Galilée dont il a publié la traduction ! N'y a-t-il pas là de quoi faire sentir d'un coup la distance qui sépare les remarques isolées, les considérations incidentes de tel ou tel savant de la théorie nouvelle de Descartes ?

Et, d'autre part, en ce qui concerne les lectures, qui auraient pu dès longtemps appeler l'attention de notre philosophe sur une notion qu'il n'aurait plus eu alors qu'à généraliser, qu'on se rende compte avant tout de ses habitudes d'esprit. Il ne lit jamais volontiers les livres des autres. Rappelons-nous combien tard il se décide à ouvrir un ouvrage de Viète, un ouvrage de Galilée : encore faut-il pour cela l'intervention pressante de Mersenne. Quand paraît *La Géométrie*, Fermat lui fait parvenir le manuscrit de son Isagoge, qui pouvait suggérer tant de rapprochements curieux avec la méthode de Descartes : la Correspondance nous permet de supposer qu'il n'y jeta jamais les yeux. Il lit, il est vrai, un autre écrit de Fermat, le *De Maximis et Minimis*, mais c'est parce qu'il y voit une provocation au sujet de son mode de construction des tangentes. — Dans son *Harmonie universelle* de 1636, Mersenne avait publié le *Traité de Méchanique* de Roberval, et l'avait sans aucun doute communiqué à Descartes : nous apprenons par une lettre d'octobre 1638 que celui-ci vient à peine de l'ouvrir ; il a fini par en prendre connais-

sance quand lui est parvenue une réclamation de priorité du Géomètre du Collège de France au sujet du *Principe de la Statique*, et quand il s'est ainsi senti acculé à une bataille. — On peut faire des remarques analogues pour *Les Méchàniques* de Galilée. Mersenne a certainement envoyé à son ami la traduction qu'il en a publiée en 1634. Il semble bien, pourtant, à lire de près la lettre du 11 octobre 1638, qu'à ce moment Descartes ne le connaît pas encore, ou en tout cas n'en a gardé aucun souvenir précis. Préoccupé de se défendre contre l'accusation d'avoir fait des emprunts à Galilée, il écrit : « Je ne l'ay jamais vu, ni n'ay eu aucune communication avec luy, et par conséquent je ne sçaurais en avoir emprunté aucune chose. » [II, 388]. L'allusion qui suit aux livres du savant italien vise certainement les « Discorsi intorno due Nuove Scienze » que Descartes vient de lire et à la critique desquels il vient de consacrer la plus grande partie de sa lettre (1). Dans les discussions sur son fameux principe, il ne fera allusion à l'attitude différente de Galilée pour la première fois qu'en novembre 1638. Il se sent décidé à lire *Les Méchaniques* au moment où il a à se défendre contre les partisans de Galilée. — Au fond, c'est un passionné ; les lectures ne semblent l'intéresser que si de près ou de loin elles touchent à quelque chose qui lui tient à cœur, et le plus souvent qui met en jeu sa personnalité.

Au surplus, quand les circonstances l'amènent à ouvrir un livre, il a rarement la patience d'en connaître tous les détails. Tout jeune déjà, dit-il dans ses notes intimes, s'il rencontrait dans quelque ouvrage une proposition intéressante, il le fermait aussitôt et cherchait par lui-même une démonstration. Plus tard, que de fois confesse-t-il à Mersenne qu'il a lu superficiellement tel ou tel livre... Dans cette lettre du 11 octobre 1638, que nous citions tantôt, l'aveu se trouve plusieurs fois. S'agit-il de Galilée et de ses *Nuove Scienze*, « je ne dis rien, écrit-il, des démonstrations de Géométrie dont la plus grande partie de son livre est remplie, car je n'ay sceu avoir la patience de les lire... » Puis à propos de Roberval et de Stevin « il est vray que je ne sçay pas, ni de l'un, ni de

(1) Cf. Ad. et T., t. X, p. 572-573.

l'autre, s'ils ont été exacts en leurs démonstrations ; car je ne sçaurais avoir la patience de lire tout du long de tels livres... »

Qu'on se représente maintenant l'état d'âme de notre philosophe, quand lui parvint la lettre par laquelle Huygens le pressait de substituer enfin une théorie simple et claire à toutes les complications connues jusque-là pour expliquer l'équilibre des machines. La réponse de Descartes fut si prompte que quelques-uns se demanderont si elle n'était pas déjà toute prête depuis longtemps dans son esprit... De fortes raisons empêchent de le croire. Dans aucun écrit antérieur à cette date, nous ne trouvons une allusion au principe que va formuler Descartes, ni à son application aux machines. A en juger par la satisfaction qu'il en a, il est difficile de croire qu'il n'en eût rien dit, ni à son ami Beeckmann en 1628 (nous n'en trouvons pas trace dans le *Journal*), ni dans ses *Essais* de 1637, ni dans aucune lettre, ni dans les manuscrits inédits, s'il avait été déjà en possession de sa théorie. Il est vrai qu'en 1619, dans ses lettres à Beeckmann, il parle plusieurs fois de ses *Méchaniques* (1), mais il s'agit alors manifestement d'un mémoire qu'il a rédigé pour son ami, et au début duquel se trouvent résumés les principes qu'il donnait pour fondement à sa *Méchanique* (2). Or, si dans ce mémoire nous sentons déjà le besoin, pour étudier la pesanteur, de considérer le commencement infinitésimal de la chute d'un corps, comme dans le traité de 1637, nous constatons aussi que la vitesse, loin d'être éliminée, joue un rôle dans la comparaison des poids. Et nous ne voyons aucune raison de penser que de ce moment jusqu'au jour où Descartes reçut la lettre de Huygens, quelque chose ait été changé dans ses conceptions.

Ce jour-là en tous cas on peut être assuré, après les remarques précédentes, que son souci ne fut pas d'ouvrir les livres qui traitaient du même problème, et de les lire d'assez près pour se rendre un compte exact de l'état actuel des recherches scientifiques intéressant ledit problème. Nous nous le représentons bien plus volontiers

(1) Ad. et T., t. X, p. 159 et 162.

(2) *Id.*, p. 67.

faisant vigoureusement appel à toutes ses ressources personnelles, pour envoyer à Huygens, dans le plus bref délai possible, la solution la plus claire, la plus simple et la plus complète ; comme il en donnait déjà l'exemple pendant l'hiver 1618-1619, quand en vingt-quatre heures il trouvait le moyen, à la demande de Beeckmann, de rédiger un mémoire sur la pression des liquides dans les vases (1), et comme il devait plus tard en donner tant d'autres exemples aussi stupéfiants. Ses ressources personnelles, passionnément sollicitées, n'excluaient pas d'ailleurs une certaine érudition, cette érudition dont il disait à Beeckmann en 1619 qu'elle avait été réveillée par lui, et grâce à laquelle il connaissait bien les problèmes traditionnels ainsi que les solutions de l'Ecole ; elles n'excluaient pas non plus les bruits du dehors, qui plus ou moins directement, et d'une façon plus ou moins confuse, parvenaient jusqu'à lui, expliquant dans une certaine mesure sans qu'il en eût nécessairement une claire conscience, pourquoi son effort, si personnel qu'il pût être, aboutissait à rejoindre les courants contemporains et à mettre en valeur, pour le grand progrès de la science, des idées qui étaient dans l'air.

Telle nous semble être ici la vérité. Elle appelle peut-être une dernière remarque. Si Huygens n'avait pas demandé son traité à Descartes, celui-ci aurait-il doté la Mécanique de la notion si féconde du « travail » ? La question peut difficilement se séparer d'un certain nombre d'autres semblables. Que d'idées ingénieuses, que d'aperçus nouveaux, que de solutions pleines de suggestions riches et variées, nous apportent les réponses aux lettres pressantes de Mersenne, qui a transmis tel défi de Fermat, de Beaugrand, de Roberval, ou simplement tel problème posé par de Beaune ou par un autre !... Il n'est pas jusqu'à la *Géométrie analytique* elle-même, dans sa haute généralité, c'est-à-dire l'œuvre la plus importante que Descartes ait léguée aux Géomètres, qui n'ait vu le jour, selon toute vraisemblance, à l'occasion du problème de Pappus que Golius lui soumit en 1631... Ce qu'il écrivait

(1) Voir Chap. I.

à Beeckmann en 1619, quand il attribuait aux incitations du Hollandais toutes ses recherches scientifiques de cette année, que de fois il eût pu le redire à d'autres pour tel ou tel problème. Dans tous ces cas-là, on peut se demander ce qui serait advenu si Descartes ne s'était livré qu'aux recherches où le portait spontanément son propre désir, et si, sans l'opportune incitation, les sciences lui seraient redevables des résultats positifs qu'elle a provoqués en fait. Notre philosophe du moins n'en aurait certainement pas déploré la lacune. C'étaient là à ses yeux de ces questions particulières et de ces recherches de causes secondes où il reprochait à des hommes comme Fermat ou Galilée de trop se complaire. Il eût pensé tout de même que son rêve à lui se trouvait réalisé, puisqu'il nous léguait sa *Méthode*, sa *Métaphysique* et sa *Physique générale* ou sa *Philosophie*, c'est-à-dire en somme le Cartésianisme et son application définitive au double problème de la vie matérielle et de la vie morale de l'homme. Pour nous, il resterait sans doute le grand penseur duquel sont issus les principaux courants de notre philosophie, le grand rationaliste qui a tant contribué avec quelques autres à créer les tendances essentielles de l'esprit moderne. Comme savant, il continuerait à refléter dans son magnifique roman des *Principes* quelques-uns des traits principaux qui se dégageaient désormais spontanément des travaux d'un Kepler, ou d'un Galilée, mais l'histoire des progrès positifs des sciences n'aurait plus en réalité grande place à lui accorder. En particulier nous ne saluerions pas en lui, à propos de l'idée du « travail » celui qui consacra, par l'usage qu'il sut en faire, une des notions les plus fécondes pour notre science du mouvement.

CHAPITRE IX

DESCARTES EXPÉRIMENTATEUR

Descartes nous explique très clairement lui-même le rôle qu'il attribue à l'expérience dans l'édification de la connaissance scientifique. Il part des « Principes ou Premières causes de tout ce qui est ou peut être dans le Monde, sans bien considérer pour cet effect, que Dieu seul qui l'a créé, ny les tirer d'ailleurs que de certaines semences de Véritez qui sont naturellement dans nos âmes (1) ». Puis, les premiers et les plus ordinaires effets de ces causes étant déduits, en ce qui concerne tout ce qui compose l'Univers, quand il s'agit de descendre aux choses les plus particulières, « il s'en est tant présenté à moy de diverses, dit-il, que je n'ay pas creu qu'ils fust possible à l'esprit humain de distinguer les Formes ou Espèces de cors qui sont sur la terre d'une infinité d'autres qui pourraient y estre, si c'eust esté le vouloir de Dieu de les y mettre, ny par conséquent de les rapporter à notre usage, si ce n'est qu'on vienne au devant des causes par les effets, et qu'on se serve de plusieurs expériences particulières. En suite de quoy, repassant mon esprit sur tous les objets qui s'estaient jamais présentez à mes sens, j'ose bien dire que je n'y ai remarqué aucune chose que je peusse assez commodément expliquer par les Principes que j'avais trouvez. Mais il faut aussi que j'avouë, que la puissance de la Nature est si ample et si vaste, et que ces Principes sont si simples et si généraux, que je ne remarque quasi plus aucun effect particulier, que d'abord je ne connaisse qu'il

(1) Ad. et T., t. VI, p. 64.

peut en être déduit en plusieurs diverses façons, et que ma plus grande difficulté est d'ordinaire de trouver en laquelle de ces façons il en dépend. Car à cela je ne sçay point d'autre expédient, que de chercher derechef quelques expériences, qui soient telles, que leur événement ne soit pas le mesme, si c'est en l'une de ces façons qu'on doit l'expliquer, que si c'est en l'autre (1). » Les Principes nous fourniraient l'occasion de confirmer ces réflexions du *Discours*, mais il est inutile de multiplier les citations : la pensée de Descartes est assez claire. En somme, les déductions qui conduisent à la science une fois commencées, on se heurtera à la nécessité d'expériences particulières, pour cette double raison que la puissance de conception de l'esprit d'une part, et d'autre part la puissance de production de la Nature, sont trop vastes pour que soient déterminées *a priori*, parmi les choses possibles, celles qui se trouvent réalisées.

Il semble tout d'abord découler de cette conception du rôle des expériences, comme de certains mots de Descartes cités plus haut, que les expériences nécessaires ne sauraient être très nombreuses. Une lecture attentive du *Discours* et de beaucoup d'autres textes empruntés aux Principes ou à la Correspondance, montre bien vite que telle n'est pas la pensée de notre philosophe. Pour nous borner au *Discours*, plus que suffisant pour éclaircir ce point, après avoir déclaré qu'il voit assez bien quelles sont encore les expériences à faire, il ajoute : « Mais je voy aussy qu'elles sont telles et en si grand nombre, que ny mes mains, ny mon revenu, bien que j'en eusse mille fois plus que je n'en ay, ne sçauraient suffire pour toutes ; en sorte que, selon que j'auray désormais la commodité d'en faire plus ou moins, j'avanceray aussi plus ou moins dans la connaissance de la Nature (2). » Et plus loin : « Voyant tous les jours de plus en plus le retardement que souffre le dessein que j'ay de m'instruire, à cause d'une infinité d'expériences dont j'ay besoin, et qu'il est impossible que je face sans l'ayde d'autruy, etc. (3). » N'exagérons rien

(1) Ad. et T.. t. VI, p. 64-65.
(2) *Id.*, t. VI, p. 65.
(3) Ad. et T., t. VI, p. 75.

cependant. L'infinité dont il est ici question ne signifie guère autre chose qu'un « assez grand nombre ». Descartes nous laisse clairement entendre, dans cette sixième partie du *Discours*, que, malgré la distance où il se sent encore de la Science intégrale, de la Science achevée de l'Univers, il lui suffirait en somme d'avoir encore une vie assez longue pour y parvenir seul, sans l'aide de personne. « Je veux qu'on sçache que le peu que j'ay appris jusques icy n'est presque rien à comparaison de ce que j'ignore, *et que je ne désespère pas de pouvoir apprendre...* (1). » Je ne craindray pas de dire que je pense n'avoir plus besoin de gagner que deux ou trois autres [batailles] pour venir entièrement à bout de mes desseins ; et que mon aage n'est point si avancé que, selon le cours ordinaire de la Nature, je ne puisse encore avoir assez de loisir pour cet effect (2). » Ainsi quand Descartes exprime son désir de faire ou de voir faire des expériences, il nous laisse pourtant soupçonner qu'à cet égard le philosophe, le penseur qui est en lui, risque de faire tort au vrai savant. Non seulement le recours aux expériences n'est postulé par lui qu'assez tard, mais l'ensemble de celles qui s'imposent, si nombreux qu'il apparaisse, ne lui semble pourtant pas illimité...

Cette impression s'accentue si nous portons notre attention sur la nature même de ces expériences qu'il réclame. Il les nomme particulières et les oppose à celles « qui se présentent d'elles-mêmes à nos sens, et que nous ne sçaurions ignorer (3) ». Mais il faut se garder d'y voir une opposition de nature. Les unes sont plus communes, ce sont celles dont il convient de se servir quand on commence à édifier la science de l'Univers ; les autres seront plus rares, elles auront leur place une fois qu'on connaîtra les causes des premières, seront relatives à des ordres d'idées particuliers, auront pour but de répondre à certaines questions qui s'y trouvent posées, et dans ce sens seront « estudiées », c'est-à-dire voulues et préparées ;

(1) C'est moi qui souligne.
(2) Ad. et T., t. VI, p. 66-67.
(3) *Id.*, t. VI, p. 63.

mais au fond rien dans ces distinctions ne vise autre chose que des circonstances tout extérieures : Descartes n'a pas, semble-t-il, le sentiment d'une difficulté spéciale, qui exigerait au moins pour ces sortes d'expériences le choix de savants habiles et suffisamment exercés.

Si l'on en doute, qu'on lise de près toute cette sixième partie du *Discours*. Quand, d'après le récit de l'auteur, il avait songé un instant à publier son traité, *Le Monde*, son souci avait été de provoquer beaucoup de ces expériences particulières. Et à qui se serait-il adressé pour cela, sinon au grand public, à tous les lecteurs de bonne volonté ? « Ce que je me promettais de faire connaître par le traité que j'avois escrit, et d'y monstrer si clairement l'utilité que le public en peut recevoir, que j'obligerois tous ceux qui désirent en général le bien des hommes, c'est-à-dire, tous ceux qui sont en effect vertueux, et non point par faux semblant, ny seulement par opinion, tant à me communiquer celles qu'ils ont desjà faites, qu'à m'ayder en la recherche de celles qui restent à faire (1). » A la réflexion il avait jugé que le grand œuvre auquel il travaillait demandait à être achevé par le même qui l'avait commencé. Mais s'il a changé d'avis une fois encore, et s'il a fait imprimer au moins des Essais, c'est en partie pour profiter des expériences que voudront faire ses lecteurs. Or, ses lecteurs, nous savons bien quels ils seront dans la pensée de Descartes, qui s'est gardé de se servir de la langue des savants et a fait sa publication en français. C'était tout à l'heure sur la vertu, sur la valeur morale de ses collaborateurs qu'il comptait, c'est, il le dit avec non moins de clarté, à leur bon sens naturel qu'il s'adresse maintenant. Dans aucun cas, il ne songe à réclamer des études spéciales, ni un sens critique assez affiné, ni une rigueur exceptionnelle dans les raisonnements. D'ailleurs, quand Mersenne lui demande un jour le moyen de faire des expériences utiles, il le renvoie à Bacon, mais il sent le besoin d'une restriction : il ne faut pas être trop méticuleux, « être trop curieux à rechercher toutes les petites particularités touchant une matière (2)... »

(1) Ad. et T., t. VI, p. 65.
(2) *Id.*, t. Ier, p. 195.

Il verrait certes beaucoup plus de difficultés et aurait plus d'exigences, si les collaborateurs bénévoles devaient interprèter et utiliser ensuite leurs expériences. Mais l'interprétation, il pouvait seul la donner à la clarté des chaînes de déductions qu'il avait su conduire par ordre, comme conséquences de quelques idées simples. Et, quant à l'utilisation pratique pour le plus grand bien des hommes, elle dériverait tout naturellement de l'interprétation, et lui serait donc aussi réservée.

Allons-nous trouver du moins, du côté de cette utilisation pratique, par les exemples méthodiquement exposés ou commentés, que peut nous en avoir laissés Descartes, la trace d'une vue claire et consciente des démarches par lesquelles un vrai savant, un physicien par exemple, en application de ses théories, prend utilement contact avec le monde concret ?

Nous n'avons, à vrai dire, qu'un exemple positif et clair, qui nous permette ici de formuler un jugement. C'est l'application que veut faire Descartes de ses théories d'Optique à l'accroissement de notre vision. Il rêve sans doute de cet accroissement depuis que, tout jeune encore, au Collège de La Flèche, il a entendu célébrer la gloire de Galilée, dont la lunette a rendu possibles de si grandes découvertes astronomiques. Mais l'invention des instruments qui augmentent ainsi le pouvoir de la vue, depuis la première observation toute fortuite d'un Hollandais, jusqu'à la construction de l'appareil de Galilée, lui apparaît longtemps comme due uniquement à d'heureux hasards, et l'expérience, dans de telles conditions, lui semble tellement misérable et humiliante qu'il se garde bien d'y avoir recours. Un jour, suivant les traces de Kepler, dont il a eu la chance de lire les travaux, il détermine enfin la loi exacte de la réfraction, il résoud le problème de l'anaclastique, c'est-à-dire qu'il connaît enfin la courbe que doit avoir la forme d'un verre pour que des rayons tombant parrallèlement se réfractent en un point unique, problème fondamental que Kepler avait posé mais non pas résolu. Quand il croit pouvoir répondre à toutes les questions que soulève la marche des rayons lumineux passant à travers un ou plusieurs verres ; quand il croit peut-être même avoir découvert quelle est la nature de la lumière (car rien

ne dit que ses vues sur ce sujet ne datent que du moment où il a rédigé son *Traité du Monde*) ; alors seulement il veut scientifiquement procéder à la confection des précieux instruments. — Mais ils doivent répondre avec la plus grande exactitude aux résultats de ses recherches théoriques. Il lui faut en particulier des verres dont la section ait la forme d'une hyperbole, l'excentricité de cette hyperbole étant déterminée par l'indice de réfraction du verre. Quelle complication ! On en aura quelque idée en lisant les lettres échangées entre Descartes et Ferrier en octobre et en novembre 1629. Le malheureux Ferrier est tout disposé à tailler un verre dans les conditions qu'on lui indique, mais que de difficultés il signale, demandant à son correspondant de l'aider par de nouveaux éclaircissements. Nous trouvons plusieurs fois dans la Correspondance une allusion à un verre hyperbolique taillé d'après un modèle de Mydorge. C'est probablement la seule construction de ce genre que Descartes ait jamais réussi à faire réaliser. Toutes les figures théoriques que nous apporte la *Dioptrique* pour les instruments grossissants restent des figures, et si l'auteur de la *Dioptrique* a espéré qu'ils seraient construits un jour d'après ses indications, il s'est trompé : ses efforts sont restés en marge des progrès continus réalisés par les physiciens et les astronomes dans la confection des lunettes et des télescopes ; tout s'est passé, comme s'ils n'avaient pas existé.

Que l'on compare seulement à ces démarches de Descartes celles d'un Galilée ou d'un Kepler. Ce serait exagéré de dire qu'ils procèdent au hasard. Galilée, quoi qu'il ne l'ait pas dit lui-même, a sans doute entendu parler de la combinaison de deux verres, l'un convexe, l'autre concave, utilisée par les lunettiers de Hollande. Il se représente en gros la marche des rayons qui traversent ces verres et se réfractent. Il ignore non seulement le problème de l'anaclastique, mais même la loi de la réfraction. Mais il fait patiemment une série d'expériences, variant les conditions de grandeur et de distance des deux verres fixés au bout d'un tuyau, et notant chaque fois le grossissement qu'il observe. Il arrive ainsi peu à peu à obtenir un instrument qui fournit une image trente-trois fois plus grande en diamètre que l'objet. L'instrument tourné vers

le ciel lui permet de réaliser les découvertes astronomiques les plus importantes.

Quant à Kepler, il est assurément plus enfoncé dans ses vues théoriques et ses calculs. C'est sans doute la lecture de sa *Dioptrique* qui ouvre les yeux à Descartes sur ce qui sera à ses yeux l'essentiel de la sienne. Mais du moins il ne dispose que d'une règle approchée pour les réfractions, et s'il a eu le mérite de poser le problème de l'anaclastique, il ne l'a pas résolu. Qu'importe ? Il a le sentiment que la concavité de l'oculaire n'est pas indispensable, qu'un oculaire convexe, — s'il renverse il est vrai l'image de l'objet, — pourra cependant rendre de plus grands services pour l'observation du ciel ; et, s'il ne construit pas en fait, il décrit dans la *Dioptrique* le précieux instrument qu'utiliseront désormais les savants sous le nom de « lunette astronomique ». Seul, celui des trois qui a atteint à la rigueur mathématique et qui par tempérament se serait refusé à accepter, en quelque point que ce fût, une approximation au lieu de l'exactitude absolue, a fait ici une œuvre vaine.



Mais alors, soit par le rôle qu'il attribuait aux expériences dans la connaissance scientifique, soit par l'idée qu'il s'en faisait, à la fois assez simpliste pour être le fait de tout homme de bonne volonté, et assez conforme aux théories les plus exactes et les plus rigoureuses pour exclure des dispositions concrètes le moindre élément qui ne serait qu'approché, faut-il conclure que Descartes était incapable de réaliser des expériences dignes d'un vrai savant ? Disons bien vite que ce serait là la plus grave des erreurs. Quand il lui arrive, sous la poussée de certaines circonstances, de se placer d'instinct et d'emblée, en dehors de toute introduction théorétique plus ou moins ambitieuse, au cœur du travail collectif de son temps, — même s'il croit encore n'être guidé que par sa méthode, et il le croit toujours, il donne alors souvent l'impression d'un expérimentateur parfait. Je voudrais en donner quelques exemples, — et, pour commencer, je rappellerai deux expériences, — l'une de physiologie, l'autre d'optique, —

que Liard, très justement, cite avec admiration dans son livre sur Descartes (p. 113-116).

La première est empruntée à la série d'expériences sur la circulation du sang, auxquelles notre philosophe fait si souvent allusion. « Après avoir ouvert la poitrine d'un lapin vivant, écrit Descartes, et en avoir de part et d'autre rangé les côtes, en sorte que le cœur et le tronc de l'aorte se voyaient facilement, j'ai lié avec un fil l'aorte assez loin du cœur, et l'ai séparée de toutes les choses auxquelles elle touchait, afin qu'on ne pût soupçonner qu'il y entrât des esprits et du sang d'ailleurs que du cœur ; ensuite je l'ai ouverte avec une lancette entre le cœur et la ligature, et j'ai vu manifestement que, dans le même temps que l'artère s'étendait, le sang en jaillissait par l'incision que l'on y avait faite, et qu'il n'en sortait pas une goutte dans le temps qu'elle venait à se rétrécir (1). » A un seul mot près, dit Liard, ne croirait-on pas lire une page de Claude Bernard ? — Sans aucun doute, l'expérience est parfaite. Mais remarquons bien quel est ici le chemin qui y conduit Descartes. Nous ne le voyons pas procéder de principes simples qu'il proclame *a priori*, et d'où découlerait une série de déductions aboutissant à la vérité même qu'il s'agit de vérifier ; nous ne le voyons pas non plus se préoccuper de l'ensemble de tous les éléments de l'organisme qui intéressent évidemment plus ou moins le phénomène de la circulation. Les choses ici sont tout autres. Descartes a lu Harvey, et, contrairement à ses habitudes, il l'a lu de très près, s'intéressant à ses démonstrations expérimentales autant au moins qu'à ses conclusions. Sauf sur quelques points spéciaux, il accepte l'ensemble de ses vues, et les défend dans mille occasions, dans ses lettres à divers correspondants, dans son *Traité du Monde et de l'Homme*, dans le *Discours*. Un physiologiste a eu le mérite de mettre à nu une vérité nouvelle, et de la présenter avec tant de clarté et de rigueur que le savant instinctif qu'était au fond Descartes devait tout de suite en être frappé. « Mais si on demande comment le sang des venes ne s'espuise point, en coulant ainsi conti-

(1) Traduction d'un passage d'une lettre de Descartes à Plempius (février 1638. Ad. et T., t. Ier, p. 526).

nuellement dans le cœur, et comment les artères n'en sont point trop remplies, puisque tout celuy qui passe par le cœur s'y va rendre, je n'ay pas besoin d'y répondre autre chose, que ce qui a déjà esté escrit par un médecin d'Angleterre, auquel il faut donner la louange d'avoir rompu la glace en cet endroit, et d'estre le premier qui a enseigné qu'il y a plusieurs petits passages aux extremitez des arteres, par où le sang qu'elles reçoivent du cœur entre dans les petites branches des venes, d'où il se va rendre derechef vers le cœur, en sorte que son cours n'est autre chose qu'une circulation perpétuelle. Ce qu'il prouve fort bien, par l'expérience ordinaire des chirurgiens, qui ayant lié le bras médiocrement fort, au-dessus de l'endroit où ils ouvrent la vene, font que le sang en sort plus abondamment que s'ils ne l'avaient point lié.

« Et il arriverait tout le contraire, s'ils le liaient au-dessous, entre la main et l'ouverture, ou bien qu'ils le liassent très fort au-dessus... Il prouve aussy fort bien ce qu'il dit du cours du sang, par certaines petites peaux, qui sont tellement disposées en divers lieux le long des venes, qu'elles ne luy permettent point d'y passer du milieu du cors vers les extremitez, mais seulement de retourner des extremitez vers le cœur ; et de plus, par l'expérience qui monstre que tout celuy qui est dans le cors en peut sortir en fort peu de tems par une seule artère, lorsqu'elle est coupée, encore mesme qu'elle fust étroitement liée fort proche du cœur, et coupée entre luy et le lien en sorte qu'on n'eust aucun sujet d'imaginer que le sang qui en sortiroit vint d'ailleurs (1). »

Descartes suit Harvey, comme un savant de nos jours continue les travaux dont les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* viennent de lui faire connaître la substance ; et d'instinct il se place si bien au cœur de l'effort collectif, que l'expérience qu'il imagine apparaît, sous une autre forme, à peine distincte, de celles du médecin anglais.

La seconde à laquelle je faisais allusion plus haut est l'ensemble des observations qui ont pour objet l'explication du double arc-en-ciel, et dont le VIII[e] Discours des

(1) *Discours de la Méthode*, cinquième partie, Ad. et T., t. VI, p. 50-52.

« Météores » nous donne le détail. Une boule de verre ronde et transparente étant remplie d'eau, Descartes observe les rayons solaires qui, après leur passage à travers la boule viennent rencontrer son œil. Il change de toutes façons la position de la boule, et constate que, pourvu que le rayon émergeant fasse avec la direction du rayon incident un angle de 42°, la partie de la boule d'où il émerge paraît rouge, quelle que soit la position de la boule « soit que je l'approchasse, soit que je la reculasse, et que je la misse à droite ou à gauche, ou même la fisse tourner en rond autour de ma teste...» Les autres couleurs apparaissaient dès que l'angle en question diminuait. Mêmes remarques quand l'angle atteignait la valeur de 52°, puis venait à augmenter... Ce devait donc être là la mesure des deux arcs. Quant aux couleurs, un prisme triangulaire donne les mêmes, étant soumis aux rayons du soleil qu'on ne laisse passer que par un tout petit trou, d'où Descartes « a appris, premièrement que la courbure des superficies des gouttes d'eau n'est point nécessaire à la production de ces couleurs, car celles de ce cristal sont toutes plates ; ny la grandeur de l'angle sous lequel elles paraissent, car il peut icy estre changé sans qu'elles changent... (1) » La variété des couleurs doit s'expliquer, pense notre philosophe, par une certaine inégalité de mouvement dans les éléments subtils qui constituent la lumière, d'où résultent des proportions différentes de lumière blanche et d'ombre. Du moins cette explication lui paraît convenir au cas étudié du prisme, mais peut-on parler de lumière et d'ombre à propos des rayons qui éclairent la boule de verre tout entière ? Cette question conduit Descartes à calculer, pour une très nombreuse suite de rayons incidents, la déviation des rayons émergeants, en admettant une réflexion à l'intérieur de la boule dans le cas du premier arc, et deux réflexions dans le cas du second. Le tableau de ses résultats lui montre « qu'après une réflexion et deux réfractions, il y en a beaucoup plus (de rayons émergeants) qui peuvent estre veus sous l'angle de 41 à 42°, que sous aucun moindre ; et qu'il n'y en a aucun qui puisse estre vû sous un plus

(1) Ad. et T., t. VI, p. 330.

grand... puis qu'après deux réflexions et deux réfractions, il y en a beaucoup plus qui viennent vers l'œil sous l'angle de 51 à 52°, que sous aucun plus grand ; et qu'il n'y en a point qui viennent sous un moindre. De façon qu'il y a de l'ombre de part et d'autre, qui termine la lumière, laquelle, après avoir passé par une infinité de gouttes de pluie esclairées par le soleil, vient vers l'œil sous l'angle de 42°, ou un peu au-dessous, et ainsi cause le premier et principal arc-en-ciel. Il y en a aussy qui termine celle qui vient sous l'angle de 51° ou un peu au-dessus, et cause l'arc-en-ciel extérieur (1). » Et ainsi le calcul venant compléter l'expérience rassure d'une part sur l'identité des deux problèmes de l'arc-en-ciel et du prisme, au point de vue des couleurs, — et d'autre part vient confirmer la valeur des angles de déviation d'abord directement observés. La partie la moins solide des conclusions de Descartes, — à savoir l'explication des diverses colorations de la lumière — est assurément celle qui l'intéresse le plus. Pour nous, quel qu'en ait été le mérite avant que l'on connût l'inégale réfrangibilité des rayons qui composent la lumière blanche, nous la laisserons ici de côté : Aussi bien notons qu'elle se rattache justement aux vues générales, spéciales à Descartes, sur la constitution de la lumière. Il reste une expérience ingénieuse, rationnelle, aboutissant à l'explication de la marche des rayons qui, à travers les gouttes de pluie, viennent former chacun des deux arcs, et à la détermination rigoureuse des demi-diamètres de ces arcs. L'observation et le calcul s'y associent merveilleusement, et on a peine à voir ce qu'un physicien exercé de nos jours pourrait y trouver à reprendre.

Mais remarquons encore, comme pour l'expérience précédente, qu'en supprimant ce qui touche à l'explication cartésienne des couleurs, nous avons ici un problème nettement délimité, qu'ont commencé à éclaircir une série de recherches. On distingue nettement déjà les deux arcs, quand Descartes commence les siennes. « Par la créance commune », nous dit-il lui-même (2), on donne 45° au demi-diamètre de l'arc-en-ciel intérieur... l'autre paraît

(1) Ad. et T., t. VI, p. 336.

(2) *Id.*, t. VI, p. 340.

à l'œil beaucoup plus grand que celuy de l'intérieur... Maurolycus qui est, je croy, le premier qui a déterminé l'un de 45°, détermine l'autre d'environ 56 » (*idem*). — Bien plus, de Dominis en 1611 avait publié ses observations sur l'arc-en-ciel. Il avait tout naturellement remplacé la goutte de pluie par une boule de verre, qu'il déplaçait de toutes façons, et avait bien expliqué la marche des rayons formant le premier arc par une réflexion entre deux réfractions ; il n'avait pas vu la double réflexion qui intéresse l'autre arc... Quoique Descartes n'ait pas lu le livre de de Dominis, — car le ton de son récit exclut l'hypothèse qu'il aurait le sentiment de reproduire l'expérience d'un autre, — et malgré ce que les observations du savant italien ont d'imparfait, le simple rappel de ces observations suffit à faire sentir à quel point celles de Descartes venaient au moment précis où les efforts des savants avaient amené à maturité la solution dernière du problème géométrique. En la donnant lui-même, notre philosophe était non pas le métaphysicien ambitieux voulant tout illuminer de sa science nouvelle et intégrale, mais le physicien se rattachant d'instinct aux efforts naturels de ses contemporains.



Je prendrai comme troisième exemple la tentative de Descartes pour calculer le poids de l'air. « J'ay esprouvé ces jours, écrit-il à Mersenne (1), un moyen de peser l'air qui m'a réussi ; car ayant une petite fiole de verre, fort légère et soufflée à lampe..., de la grosseur d'une petite bale de jeu de paume, et n'ayant qu'une petite ouverture à passer un cheveu en l'extrémité de son bec (2), je l'ai pesée dans une balance tres-exacte, et estant froide elle pesait 78 1/2 grains. Après cela, je l'ay chauffée sur des charbons ; puis la remetant dans la balance... le bec en bas, j'ay trouvé qu'elle pesait à peine 78 grains. Puis,

(1) 19 janvier 1642, Ad. et T., t. III, p. 483.

(2) La figure jointe au texte montre, faisant suite à la partie ronde de la fiole, un tube recourbé vers le bas et se terminant en pointe ou en « bec ».

plongeant le bec dans de l'eau, je l'ay laissé ainsy rafroidir, et l'air se condensant à mesure qu'elle se refroidissait, il est entré dedans autant d'eau que la chaleur en avoit chassé d'air auparavant. Enfin la pesant avec toute cete eau, j'ay trouvé qu'elle pesoit 72 1/2 grains plus que devant ; d'où je conclus que l'air, qui en avait esté chassé par le feu, est à l'eau qui estoit rentrée en sa place comme 1/2 à 72 1/2 ou bien comme un à 145. Mais je me puis estre trompé en cecy, car il est malaysé d'y estre juste ; seulement suis-je assuré que le pois de l'air est sensible en cete façon, et j'ay mis icy mon procédé tout au long affin que, si vous avez la curiosité de faire l'espreuve, vous la puissiez faire toute semblable. » Il faut distinguer ici deux conclusions : pour ce qui est du poids de l'air, Descartes a très justement l'impression que la valeur trouvée par lui a bien des chances d'être inexacte. Mais du moins il a le sentiment d'avoir prouvé que l'air est pesant, ce qui restait encore à faire d'une manière rigoureuse depuis que la question avait été posée par Aristote.

Et il faut bien reconnaître qu'en dépit de ses imperfections son expérience a une valeur scientifique manifestement supérieure à celles par lesquelles des savants contemporains comme Jean Rey et le P. Mersenne cherchent à résoudre la même difficulté. Pour l'histoire de ces tâtonnements, je renverrai à l'étude de Duhem sur le P. Mersenne et le poids spécifique de l'air (1). Il me suffira ici d'appeler l'attention sur les objections de Descartes au Minime, objections qui font mieux sentir l'aptitude naturelle de notre philosophe à éviter certaines erreurs d'expérience. Comme au reçu de la lettre citée plus haut, Mersenne lui a parlé d'une épreuve analogue qu'il a déjà faite lui-même, — du moins c'est ce que nous devinons par la réponse de Descartes, — celui-ci lui écrit (2) : « Je vous remercie de votre expérience, et je veux bien croyre que vous l'avez faite fort justement ; mais il y a beaucoup de choses à considérer, avant que d'en pouvoir déduire la proportion qui est entre la pesanteur de l'air et de l'eau. Il faudrait peser une lame de cuivre aussy grande que

(1) *Revue générale des Sciences*, 15 sept. 1906.

(2) 4 janvier 1643, Ad. et T., t. III, p. 609.

vostre poire, mais qui ne fust point creuse, et voir, si, estant esgalement chaudes, leur pesanteur demeurera égale ; car si cela est, l'air enfermé dans la poire ne pèse rien, au moins qui soit sensible. Et en effect je voudrais que vous m'eussiez mandé la pesanteur de cette poire ; car elle ne peut, ce me semble, estre si légère que la différence d'un grain ou deux s'y puisse remarquer. Il faut aussy prendre garde, en la chauffant, qu'il ne s'y attache point de cendres qui la rendent plus pesante ; et le principal est que la chaleur de cette poire, eschauffant aussy tout autour l'air de dehors qui l'environne, le rend plus rare, au moyen de quoy elle est plus pesante. Ce que je n'ose toutefois assurer sans examen... » Mersenne s'était servi d'une poire métallique et l'avait pesée toute chaude ; or c'était une vieille idée péripatéticienne encore tout en faveur au XVIIe siècle, qu'un métal chauffé diminue de poids, par le mélange du *léger* (le feu) et du *lourd* (le métal). Cela fait mieux comprendre l'importance de la critique de Descartes : la diminution de poids de la poire échauffée permet-elle vraiment de mettre en évidence la perte de poids résultant de la sortie de l'air ? Mais sans nous arrêter davantage aux détails de la critique, celle-ci ne donne-t-elle pas l'impression d'une réelle maîtrise d'expérimentateur, — quand il s'agit, comme c'est ici le cas, d'un problème simple, bien délimité, qui, par la manière courante dont il se trouve posé, échappe pour un temps au moins, en dépit des tendances personnelles de Descartes, aux savantes constructions théoriques de sa pensée, et ne relève alors que de son sens pratique, naturellement si aiguisé.



Et enfin je ne citerai plus qu'une dernière expérience, qu'il n'a pas réalisée, mais dont il a certainement conçu l'idée et conseillé à d'autres l'exécution, je veux parler de l'expérience du Puy-de-Dôme. On sait qu'il s'agissait de donner l'explication définitive du fameux « tube de Torricelli ».

Que c'est bien Descartes qui donna à Pascal l'idée de la célèbre expérience, c'est ce qui résulte manifes-

tement de la Correspondance. « J'avais averti M. Pascal, écrit-il à Mersenne le 13 décembre 1647, d'expérimenter si le vif-argent montait aussi haut lorsqu'on est au-dessus d'une montagne que lorsqu'on est tout au bas ; je ne sçay s'il l'aura fait (1)... » C'est pendant l'été de la même année qu'il avait vu Pascal et avait discuté avec lui des questions de physique dans un entretien dont Jacqueline Pascal nous a conservé le souvenir en un récit bien connu. Le 11 juin 1645 il écrivait à Carcavi. « Je me promets que vous n'aurez pas désagréable que je vous prie de m'apprendre le succez d'une expérience qu'on m'a dit que M. Pascal avait faite ou fait faire sur les montagnes d'Auvergne, pour sçavoir si le vif-argent monte plus haut dans le tuyau estant au pied de la montagne, et de combien il monte plus haut qu'au-dessus j'aurois droit d'attendre cela de luy plustost que de vous, parce que c'est moy qui l'ay advisé, il y a deux ans, de faire cette expérience, et qui l'ay assuré que, bien que je ne l'eusse pas faite, je ne doutois point du succez... » Le 9 juillet suivant, Carcavi, dans sa réponse, lui donnait le détail de l'expérience, d'après l'imprimé qui, lui disait-il, avait déjà paru quelques mois avant. « Je vous suis très obligé, lui écrivait de nouveau Descartes le 17 août, de la peine que vous avez prise de m'écrire le succez de l'expérience de M. Pascal touchant le vif-argent, qui monte moins haut dans un tuyau qui est sur une montagne, que dans celuy qui est dans un lieu plus bas. J'avois quelque intérest de la sçavoir, à cause que c'est moy qui l'avois prié il y a deux ans de la vouloir faire, et je l'avois assuré du succez, comme estant entièrement conforme à mes principes, sans quoy il n'eust eu garde d'y penser, à cause qu'il estoit d'opinion contraire... Et pour ce qu'il m'a ci-devant envoyé un petit imprimé, où il décrivoit ses premières expériences touchant le vuide, et promettoit de réfuter ma matière subtile, si vous le voyez, je serois bien aise qu'il sçeut que j'attens encore cette réfutation... (2). » Carcavi ne put voir Pascal qui se trouvait à Clermont, mais il lui écrivit et ne se contenta sans doute pas de lui parler du petit

(1) Ad. et T., t. V, p. 99.
(2) *Id.*, t. V, p. 391

imprimé et de la réfutation de la matière subtile, car il disait à Descartes dans sa lettre du 24 septembre 1649 : « J'ay écrit à Monsieur Pascal... ce que vous avez désiré que je luy fisse sçavoir de vostre part touchant l'expérience qu'il a fait faire du vif-argent (1). »

Quand on s'est familiarisé avec la lecture de Descartes, et en particulier de sa correspondance, on est frappé de l'exactitude et de la précision de ses souvenirs. Toutes les fois, par exemple, qu'il est possible de vérifier quelqu'une de ses affirmations, relative à une date, ou quand plusieurs allusions au même événement se trouvent dans des lettres écrites à des époques différentes et peuvent être comparées, on constate l'exactitude ou la concordance de ses dires.

Et c'est pourquoi il ne nous paraît pas possible de mettre en doute les témoignages que nous venons de citer. Le dernier surtout est significatif : ce n'est pas à n'importe qui, mais à Pascal lui-même, que Descartes, par l'intermédiaire de Carcavi, communique sa surprise et sa mauvaise humeur de n'avoir reçu aucune information au sujet d'une épreuve qu'il avait conseillée.

Pascal n'était d'ailleurs probablement pas le seul à qui Descartes avait suggéré son idée. Mersenne, dans une préface rédigée en septembre 1647 (2), nous apprend qu'en différents points de Paris d'inégale altitude il avait mesuré la hauteur de la colonne de mercure en suspension dans le tube de Torricelli en présence de quelques savants, et il signale, pour l'une des expériences, la présence de Descartes. Il serait bien étonnant que ce jour-là il n'eût pas été question de différences de niveaux plus sensibles que celles qu'offrait la ville de Paris, et il se peut bien que Mersenne réponde sans le dire à une réflexion de Descartes, quand, après avoir envisagé l'éventualité d'observations faites au sommet d'une montagne et au niveau de la mer, il déclarait qu'en fait, et qu'elle qu'en fût la cause, on trouverait probablement partout la même hauteur au cylindre de mercure.

(1) Ad. et T., t. V, p. 412.

(2) Duhem : *Revue générale des Sciences*, 30 sept. 1906 et Ad. et T., t. X, p. 625-628.

Duhem veut voir dans cette préface la preuve que le Minime a songé lui aussi à une épreuve tentée au sommet d'une montagne, c'est possible ; et d'ailleurs l'idée d'une pareille épreuve à ce moment-là est si naturelle qu'elle a bien pu venir aussi spontanément à Pascal. Mais remarquons pourtant une différence entre l'attitude de Descartes et celle des deux autres hommes : chez Descartes il n'y a pas de doute que l'expérience réussira, c'est-à-dire révélera un abaissement notable du niveau du mercure et montrera définitivement la cause de l'élévation de celui-ci dans le poids de la colonne d'air qui lui fait équilibre, — tandis que Pascal et Mersenne, sans se prononcer sur cette cause, doutent du succès et manquent d'enthousiasme pour réaliser l'expérience (1).

Descartes eût triomphé de cette remarque pour rattacher son idée aux affirmations de sa *Physique Générale*, que Pascal tout au moins combattait avec ardeur. Et il n'eût pas manqué de dénoncer l'aveuglement de quiconque essaie de séparer chez lui l'ingénieuse conception des expériences et les vues générales sur le Monde.

Je crois pourtant qu'ici encore, comme dans les cas précédents, ce n'est pas, autant qu'il le pense lui-même, par son « Système » qu'il est guidé.

Si l'on se reporte aux explications qu'il donne d'ordinaire des faits physiques que l'Ecole avait attribués à l'horreur du vide, c'est toujours la même idée qui revient, à savoir : la non-existence du vide et la forme circulaire du mouvement dans le plein. A propos du soufflet, par exemple, il écrit à Mersenne « ce qui fait qu'un soufflet s'emplit d'air, lorsqu'on l'ouvre, c'est qu'en l'ouvrant on chasse l'air du lieu où entre le dessus du soufflet qu'on hausse, et que cet air ne trouve aucune place où aller en tout le reste du monde, sinon qu'il entre au dedans de ce soufflet. Car ex suppositione il n'y a point de vuide pour recevoir cet air en aucun autre lieu du monde (2). » Dans une autre lettre, à propos du siphon, « si vous me demandez comment le mesme arrive dans un tuyau, [c'est-à-dire com-

(1) On sait que Pascal ne s'est adressé à son beau-frère que le 15 novembre 1647.

(2) Ad. et T., t. III, p. 613.

ment l'eau monte dans un tuyau courbé] il faut seulement considérer que n'y ayant point de vuide, tous les mouvemens sont circulaires, c'est-à-dire que si un cors se meut, il entre à la place d'un autre, et ceslui-cy en la place d'un autre, et ainsy de suite ; en sorte que le dernier entre en la place du premier, et qu'il y a un cercle de cors qui se meut en mesme tems... (1) ». Suit, comme application, le détail de la circulation de l'eau dans le tuyau courbé et de la substitution de l'air à l'eau dans le mouvement cyclique. Pourquoi le vin d'un tonneau ne coulait-il pas par l'ouverture qui est en bas, tant que le dessus est tout fermé ? « C'est parler improprement que de dire, ainsi qu'on fait d'ordinaire, que cela se fait par crainte du vuide... Mais il faut dire plustost qu'il ne peut sortir de ce tonneau à cause que dehors tout est aussi plein qu'il peut estre, et que la partie de l'air dont il occuperoit la place, s'il descendoit, n'en peut treuver d'autre où se mettre en tout le reste de l'Univers, si on ne fait une ouverture au-dessus du tonneau par laquelle cet air puisse remonter circulairement en sa place (2). »

Le principe de semblables démonstrations appartient bien vraiment en propre à la *Physique Générale* de Descartes : si par lui se justifiait sa croyance au succès de l'épreuve du Puy-de-Dôme, il faudrait sans hésiter en rattacher l'idée à sa conception générale du Monde. Mais peut-il en être ainsi ? Comment l'impossibilité du vide et le mouvement cyclique de tous les éléments de matière qui remplissent l'espace peuvent-ils faire prévoir l'abaissement du niveau du mercure à mesure qu'on s'élève, si n'intervient pas en même temps la pression de niveau de la colonne d'air sur le liquide de la cuvette ? Et si elle intervient, à quoi servent la négation du vide et l'affirmation du mouvement circulaire ? — Bien plus, ces dernières notions ne jettent-elles pas le trouble dans l'esprit, disposé à mesurer la hauteur du cylindre de mercure d'après le poids de la colonne d'air qui lui fait équilibre, quand, au lieu du vide laissé dans la partie supérieure du tube, il est permis d'y voir une matière subtile qui est venue la

(1) Ad. et T., t. III, p. 632.
(2) *Le Monde*, chap. IV, Ad. et T., t. XI, p. 20.

remplir ? Qui sait si l'une des raisons de douter du succès de la fameuse expérience n'était pas pour Mersenne justement son adhésion à la *Physique Générale* de Descartes ?

D'ailleurs si nous ne trouvons pas chez celui-ci une explication théorique complète de l'expérience de Torricelli, une lettre de 1631 nous montre suffisamment ce qu'elle eût été. Répondant à un correspondant qui est probablement Reneri, il veut faire comprendre pourquoi le mercure ne tombe pas d'un tube verticalement renversé qui en est plein (1). « Pour résoudre vos difficultés, dit-il, imaginez l'air comme la laine, et l'Aether qui est dans ses pores comme des tourbillons de vent qui se meuvent ça et là dans cette laine ; et pensez que ce vent qui se joue de tous costés entre les petits fils de cette laine, empesche qu'ils ne se pressent si fort l'un contre l'autre, comme ils pourraient faire sans cela, car ils sont tous pesans... » Grâce au mouvement circulaire des molécules d'air, cette pesanteur ne se sent pas « non plus que serait celle d'une roue, si on la faisait tourner, et qu'elle fût parfaitement en balance sur son aissieu. Mais dans l'exemple que vous apportez du tuyau... fermé par le bout... par où il est attaché au plancher, le vif argent que vous supposez estre dedans, ne peut descendre tout à la fois, que la laine qui est vers R n'aille vers O, et celle qui est vers O n'aille vers P et vers Q, et qu'ainsi il n'enlève toute cette laine qui est en la ligne OPQ, laquelle prise toute ensemble est fort pesante (2). Car le tuyau étant fermé par le haut, il n'y peut entrer de laine, je veux dire, en la place du vif argent lorsqu'il descend... Et afin que vous ne vous trompiez pas, il ne faut pas croire que ce vif-argent ne puisse être séparé du plancher par aucune force, mais seulement qu'il y faut autant de force qu'il en est besoin pour enlever tout l'air qui est depuis là jusqu'au-dessus des nuées. »

Tous ceux qui ont voulu montrer chez Descartes un avant-goût des théories barométriques ont cité cette lettre : la netteté de la dernière affirmation suffit à leur

(1) Ad. et T., t. Ier, p. 205.

(2) R est à l'ouverture du tube renversé, les lettres O, P, Q, sont sur une verticale placée sur la figure à la droite du tube, la lettre O la plus voisine de R.

donner raison. Mais je ne sais si aucun d'eux a senti en même temps à quel point le texte est confus dans son ensemble, et combien les explications qui précèdent sont mal liées à la conclusion qui prétend s'en dégager. Pourquoi d'abord la fermeture du tube dans le haut, si elle empêche l'air d'entrer, empêche-t-elle aussi toute matière de venir prendre la place du mercure qui pourrait ainsi descendre ? La matière subtile de Descartes traverse aisément le verre. Et il faudra bien plus tard en tout cas, accepter, avec un tube suffisamment long, que le vif argent commence par descendre... Pourquoi ensuite le mouvement circulaire que commencerait l'écoulement du liquide par en bas se continue-t-il selon la direction verticale indiquée sur la figure ? C'est sans doute la direction de la pesanteur qui guide Descartes, et peut-être le sentiment plus ou moins confus que sur tout le plan horizontal passant par l'ouverture intérieure du tube la pression de l'air est la même, à savoir le poids de la colonne d'air qui s'élève au-dessus de ce plan... Mais aucun mot n'indique une claire conscience de cette notion qui ne prendra droit de cité en physique qu'après les travaux de Pascal. En somme, nous nous trouvons en présence de deux sortes d'idées entre lesquelles nous n'apercevons aucun lien nécessaire. Ce sont d'une part quelques notions propres à la physique cartésienne, et d'autre part des affirmations relatives à la pression atmosphérique.

Or nous sommes précisément au moment où celles-ci sont dans l'air, et sont ou vont être exprimées de toutes parts, sans que se pose en aucune façon la question de savoir si les savants qui les formulent se rattachent à tel ou tel système du monde.

En 1632 Jean Rey répond à Mersenne qui lui a parlé le langage cartésien pour expliquer comment l'air « remplit les trous faits en haut dans les poutres d'un plancher », et, rapprochant ce cas de celui de l'eau « qui monte dans les trous qu'on peut concevoir estre faits dans les voutes des cavernes qui sont soubs les eaux » il ajoute : « Certes, l'un et l'autre remplissage se fait par la pesanteur des parties plus hautes, tant de l'air que de l'eau, qui s'affaissant sur les plus basses, les contraignent de pousser celles qui sont près des trous à les remplir. Ce que vous-mesme

confirmés sans y penser, quand vous dites que cela vient de l'équilibre que la Nature reprend ; ce qui est très véritable, et je suis avecques vous jusques-là. Mais il faut passer outre et demander d'où vient cet équilibre, à quoi je responds que c'est de la pesanteur, car tout équilibre la suppose, et qui dit équilibre ne dit autre chose qu'une esgalité de poids (1). »

L'Italien Baliani tient un langage analogue à Galilée dans une lettre de 1630. Plus tard quand Torricelli aura réalisé sa célèbre expérience, il n'hésitera pas à attribuer l'élévation du mercure dans le tube à la pression d'une colonne d'air auquel son poids fait équilibre... Je renvoie une seconde fois à la savante étude de Duhem le lecteur qui voudra connaître dans le détail l'intense mouvement qui se produit de 1628 à 1644, préparant la théorie du baromètre, et je ne veux plus en retenir qu'un seul point, d'une grande importance à mes yeux. Isaac Beeckmann, l'ami de Descartes, celui à qui il déclarait en 1619 qu'il lui devrait tout ce qu'il produirait de bon, disait dès 1629 dans ses entretiens, avec Gassendi : « L'air repose sur les choses à la manière de l'eau, et il les comprime selon la hauteur du fluide qu'elle supporte... les choses se précipitent avec une grande puissance en un lieu vide, à cause de la grande hauteur de l'air qui les surmonte, et du poids qui en résulte (2). » N'est-il pas permis de penser qu'entre les courants d'opinions des savants de ce temps et la pensée de Descartes, à défaut de lectures ou de consultations assez peu dans le goût de notre philosophe, Beeckmann dut être souvent un lien tout naturel, en ces entretiens intimes — soit de l'hiver 1618-1619, soit de l'automne 1628 — auxquels les deux amis semblent avoir donné tant d'importance ?

Quoi qu'il en soit, — on le reconnaîtra, après les remarques précédentes, — les idées exprimées par Descartes en 1631, impliquaient, à côté de conceptions inhérentes à sa *Physique Générale*, et déduites par lui de quelques principes simples, une notion de la pression atmosphérique et de son rôle qui venait s'y surajouter, comme

(1) *Essays*, 2e édition, p. 124.

(2) *Mathematico physicarum meditationum*, etc., 1644, p. 13.

retentissement dans sa pensée d'un puissant courant objectif étranger à ses spéculations *a priori*, malgré l'illusion que pouvait produire sur lui la confusion, si nettement dénommée par Jean Rey, de l'équilibre de la nature réalisé par le mouvement dans le plein, et de celui qui seul doit compter pour expliquer toutes les difficultés du vide, exclusivement dû à la pesanteur de l'air.

Et alors, quoique ce soit à la faveur de cette confusion que Descartes a dans le succès de l'épreuve une confiance absolue, comme pour tout ce qu'il tire de ses principes, il est bien vrai que l'idée même de l'expérience du Puy-de-Dôme est un nouvel exemple, ajouté aux précédents, de l'ingéniosité qu'il manifeste, quand consciemment ou non il sort de lui-même pour s'abandonner au mouvement naturel de la science qui l'entraîne.



Que Descartes, quand il a mené à bien le maniement ou l'utilisation des choses concrètes ait dû recevoir d'autres impulsions que celles de ses idées *a priori*, cela ne surprendra personne. Mais ce que j'ai voulu montrer par cette étude, ou plutôt confirmer, — (car même en mathématiques nous l'avons vu franchir instinctivement les limites où il semblait conduit par sa méthode à enfermer le développement ultérieur de toute géométrie et de toute analyse, et, au delà de ces limites, s'adapter comme sans s'en douter à l'évolution naturelle des concepts mathématiques, — j'ai voulu, dis-je, confirmer cette vérité qu'il est impossible de comprendre et d'exprimer en une formule trop simple ce qui caractérise un esprit comme celui de Descartes. A côté du savant ambitieux qui aspire à tirer de son cerveau et de quelques principes *a priori* la science intégrale, à côté du savant philosophe et métaphysicien, il y a le savant tout court, disposé, à un degré qu'on ne soupçonne pas, à suivre d'instinct la marche objective et spontanée de la science de son milieu et de son temps.

CHAPITRE X

DESCARTES ET BACON

Par leurs tendances naturelles Descartes et Bacon semblent très loin l'un de l'autre. Tandis que Bacon emploie toute son ingéniosité et met toute son ardeur à détourner l'esprit d'avoir en lui-même la moindre confiance, et le pousse à ne demander ses connaissances qu'à l'expérience toute pure, Descartes ne satisfait sa soif de certitude que par des déductions *a priori* tirées des semences de vérités que nous portons en nous, et ne consent à s'aider de l'expérience que pour faire un choix entre une série trop riche de conclusions, toutes possibles, mais non peut-être toutes réelles. Telle est du moins l'opposition en apparence irréductible que nous sommes disposés à formuler entre les deux penseurs. Or il est extrêmement curieux que Descartes ne semble pas avoir conscience de cette opposition.

Ouvrons sa correspondance et arrêtons-nous aux quelques allusions qui s'y trouvent aux écrits de Verulam.

En janvier 1630, manifestement préoccupé de l'explication qu'il donnera des qualités, il remercie le Père Mersenne de la liste de qualités, qu'il vient de lui fournir : « J'en avais déjà fait une autre, lui écrit-il, partie tirée de Verulamio, partie de ma tête » (1). On sent qu'il a sous la main son Bacon, et qu'il s'en sert, quand il y a lieu, comme d'un instrument de travail tout naturel. Vers la fin de la même année, comme Mersenne vient de lui demander un moyen de faire des expériences utiles, il

(1) Ad. et T., t. Ier, p. 109.

répond : « A cela je n'ai rien à dire après ce que Verulamius en a écrit ». Une restriction vient aussitôt, il est vrai, sous sa plume : il vaut mieux,à ses yeux,« ne pas être trop curieux à rechercher toutes les petites particularités touchant une matière ; il faudrait principalement faire des recueils généraux de toutes les choses les plus communes » (1). Mais cette réserve n'ôte rien à l'élan avec lequel Descartes, consulté sur la meilleure manière de faire des expériences utiles, renvoie simplement à Verulam...

En mai 1632, il est en pleine rédaction de son traité du Monde, et occupé tout particulièrement, comme il l'écrit à Mersenne, à tâcher de donner une explication complète du ciel. Il lui manque encore d'avoir saisi l'ordre naturel qui doit exister entre les corps célestes, en dépit de leur désordre apparent. Pour cela que de données lui manquent ! « Vous m'avez autrefois mandé, dit-il, que vous connaissez des gens qui se plaisaient à travailler pour l'avancement des sciences, jusques à vouloir même faire toutes sortes d'expériences à leurs dépens. Si quelqu'un de cette humeur voulait entreprendre d'écrire l'histoire des apparences célestes, selon la méthode de Verulamius, et que, sans y mettre aucunes raisons ni hypothèses, il nous décrivît exactement le Ciel, tel qu'il paraît maintenant, quelle situation a chaque étoile fixe au respect de ses voisines, quelle différence ou de grosseur, ou de couleur, ou de clarté, ou d'être plus ou moins étincelante, etc. ; item si cela répond à ce que les anciens astronomes en ont écrit, et quelle différence il s'y trouve (car je ne doute point que les étoiles ne changent toujours quelque peu entre elles de situation, quoique on les extime fixes) ; après cela qu'il y ajoutât les observations des comètes, mettant une petite table du cours de chacune, ainsi que Tycho a fait de trois ou quatre qu'il a observées ; et enfin les variations de l'Ecliptique et des apogées des planètes : ce serait un ouvrage qui serait plus utile au public qu'il ne semble peut-être d'abord, et qui me soulagerait de beaucoup de peine » (2).

(1) Ad. et T., t. Ier, p. 195.
(2) *Id.*, t. Ier, p. 251-252.

Ailleurs, c'est un mot significatif emprunté au langage baconien, qui, sous la plume de Descartes (comme aussi parfois sous celle de ses correspondants), vient montrer combien Descartes est familier avec les écrits de Bacon et pénétré de leur esprit. A Golius qui demandait sans doute à notre philosophe s'il pouvait expliquer la couleur de l'eau de mer, il répond qu'il n'a pas eu encore assez de loisir pour « mettre l'eau de mer à la question » (1).

Ainsi quand nous trouvons chez Descartes quelque allusion à Bacon, nous constatons non seulement qu'il ne le blâme pas, mais même qu'il n'a en général rien à ajouter à ses conseils, qu'il le prend et le donne pour modèle. Peut-être y a-t-il là déjà de quoi nous donner à réfléchir. Nous ne sommes guère habitués à voir Descartes traiter d'égal à égal quelqu'un de ses contemporains ou de ses prédécesseurs immédiats. A part Kepler, — qu'il déclare avoir été son maître en Optique, — on sait avec quelle sévérité il juge tous les savants avec qui on peut songer à le comparer, dans quelque domaine que ce soit.

Mais il ne s'agit, dans les citations que nous avons faites, que de la partie la plus infime de la science, de celle qui concerne les expériences. Que Descartes s'en rapporte à Bacon quand est venu le moment des expériences, cela pourrait n'atténuer en rien son sentiment d'être fort loin de lui dans la partie la plus essentielle de ses constructions. Ne dirait-il pas en somme : « Nous nous complétons Verulamius et moi. Mes conseils serviront à étayer dans ses grandes lignes l'explication de l'univers ; ceux de Verulamius permettront de préciser les détails pour les expériences nécessaires » ?

Une semblable interprétation du jugement de Descartes ne va pas sans difficulté. Elle serait naturelle si dans ses écrits Bacon s'était borné à donner des conseils pour diriger les expériences qu'il pourra être utile de faire. Mais ces conseils ne remplissent qu'une partie de ses livres. Ce qui fait le grand intérêt de ceux-ci, c'est surtout le long et vigoureux réquisitoire contre toute méthode qui ne se réduit pas à l'expérience, contre toute anticipation de l'esprit, contre toute velléité de l'homme

(1) Ad. et T., t. Ier, p. 318.

de substituer les élans de son intelligence à l'observation toute pure. Descartes, qui semble si bien connaître son Verulamius, n'a pas pu ne pas lire ces énergiques dénonciations de tous les fantômes qui assiègent naturellement l'esprit de quiconque essaie d'aller au-devant de la vérité sans se laisser conduire exclusivement par les faits, considérés dans leur brutale nudité. Et s'il les a lues, comment lui qui se préoccupe surtout de trouver et de recommander la méthode conduisant à la vérité, comment prend-il le chemin diamétralement opposé à celui qu'a choisi Bacon, sans jamais dire un mot de ce dissentiment? L'estime où il le tient semblerait l'obliger à ne point passer sous silence celles des recommandations de Bacon sur lesquelles celui-ci a le plus insisté. D'autant qu'il n'était pas seul à le connaître et à l'estimer. Ses correspondants le connaissent et l'estiment autant que lui. Le *Novum Organum* a pénétré dans les milieux savants et a été lu de tout le groupe d'hommes qui ont un nom dans la philosophie ou dans les sciences. La difficulté reste donc entière : il faut, pour qu'elle cesse de nous troubler, que le formidable réquisitoire de Bacon contre toute méthode *a priori* n'ait pas heurté Descartes autant que nous pourrions le croire, et, pour cela, ou bien que Descartes ait avec le penseur anglais plus de points communs que nous le croyons, ou bien qu'il n'ait pas senti à quelle distance il est de lui.



Le *Novum Organum* parut vers la fin de 1620, et en 1623 seulement fut publiée une édition latine du *De augmentis*. Il est assez vraisemblable que Descartes n'avait pas lu l'édition anglaise de ce dernier ouvrage, et que par conséquent il ne connaissait pas Bacon avant la fameuse méditation de l'hiver 1619-1620, qui l'avait conduit déjà à renier définitivement la Science de l'Ecole et les livres des philosophes, pour reconstruire à nouveau l'édifice des connaissances humaines. Or, c'est le même objet que se proposait Bacon, dont les reproches s'adressaient naturellement aux prétendus savants et philosophes des siècles passés. N'y avait-il pas dans cette communauté d'intention de quoi rapprocher les deux penseurs ?

Contre l'adversaire commun, Descartes pouvait être disposé à accepter toutes les accusations. N'avait-il pas, lui aussi, le sentiment d'une science qui jusqu'ici s'était faite dans le vide ? Bacon reprochait aux savants d'avoir eu trop de confiance dans les forces de leur esprit : mais n'avait-il pas mille fois raison aux yeux de Descartes qui, comme lui, était convaincu de l'inanité de leur dialectique ? Bacon pouvait dénoncer leur verbiage, les fantômes qui guidaient leur intelligence, leurs théories rapidement et légèrement conçues, et la torsion infligée ensuite à la nature pour l'amener à s'y soumettre ; il pouvait montrer les graves lacunes qui subsistaient dans les sciences, noter son interminable suite de desiderata, en astronomie, en médecine, et aussi et surtout en philosophie naturelle, en cette Physique Générale, où rien n'avait encore pu être fait, quand elle devrait être la reine des sciences destinée à éclairer toutes les autres. Bacon pouvait enfin insister sur le peu de résultats pratiques obtenus jusqu'à lui. Depuis les Grecs on disputait à l'infini sur la meilleure explication métaphysique de l'univers, mais, même si l'on risquait de toucher juste sur quelque point, on aboutissait à des formules curieuses, non pas à la conquête d'un pouvoir nouveau sur la nature : or, le véritable but de la science n'était-il pas d'accroître la puissance de l'homme sur les choses ? Ce réquisitoire pouvait se prolonger, se répéter, se poursuivre sous toutes les formes dans l'œuvre de Bacon : ce n'était pas Descartes qui eût songé à y contredire. Moins sévère peut-être que Bacon pour l'œuvre mathématique des Grecs dont il avait si largement profité, mais convaincu même à cet égard qu'ils avaient abouti à des résultats curieux plus qu'utiles, il pensait, sans restriction sur l'ensemble des recherches scientifiques, que tout était à refaire. Les arguments de Bacon tendaient à la même conclusion. Cela suffisait peut-être pour qu'aux yeux de Descartes ils fussent tous valables, pour qu'en les lisant il crût y retrouver sa propre pensée, et pour que sans hésiter il les prît à son compte.

Mais il y a plus : les règles que Descartes donne explicitement à quiconque veut atteindre la vérité diffèrent-elles autant que nous le croyons de celles de Bacon ? Celles que contient le Discours de la Méthode sont très

brèves. Le refus de laisser subsister l'autorité en matière de certitude appartient aussi bien à l'un qu'à l'autre. Quant aux conseils de procéder par ordre, d'éviter la précipitation, de faire des énumérations complètes, sans jamais sauter un échelon, dans la suite des informations à réunir, ou des axiomes à énoncer, on les retrouve avec la même forme et la netteté chez Bacon. On se rappelle que pour lui le principal reproche qu'il adresse aux savants est de passer avec trop de précipitation des faits eux-mêmes aux axiomes généraux, sans passer par les degrés intermédiaires, c'est-à-dire par les axiomes moyens...

On objectera peut-être que nous risquons de mal interpréter ces règles si élastiques et si vagues que donne le Discours de la Méthode. Ne semblent-elles pas prendre leur sens clair et précis, à la condition d'être rapprochées des procédés des mathématiques, et ne tendent-elles pas en somme à formuler la méthode mathématique elle-même ? — Il est bien vrai que Descartes les a tirées de ses premières méditations géométriques, et que c'est dans la conception de la Mathématique Générale qu'il a eu le sentiment de les appliquer pour la première fois. Il est bien vrai aussi que parmi les Essais qu'il publiait en 1637 avec le Discours, la Géométrie était présentée comme le fruit le plus immédiat et le plus direct de la Méthode. Mais il n'est pas douteux que celle-ci a aux yeux de Descartes une portée universelle, et qu'elle vise la science totale à laquelle peut parvenir l'esprit humain. La Dioptrique était un autre Essai, où déjà, malgré la forme mathématique, Descartes parlait de choses plus matérielles et plus concrètes ; à côté de la Dioptrique venaient les Météores ; le Discours contenait un chapitre important de physiologie ; la Métaphysique elle-même, telle qu'elle s'y trouvait exposée dans ses grandes lignes, se présentait comme une application de la méthode. Sous les prises de celle-ci tombait tout ce qui pouvait être objet de méditation humaine, tout ce qui pouvait donner l'occasion de saisir quelque vérité. Est-il téméraire dès lors de penser qu'en s'étendant naturellement à tous les domaines, la Méthode Cartésienne devait s'y adapter, et que le contenu des règles si vagues que donne le Discours pouvait varier à l'infini ? La difficulté serait-elle d'en bien comprendre l'adaptation et l'exten-

sion quand des déductions mathématiques nous voulons passer au monde de l'expérience ?

Dans ce cas les *Regulæ* pourraient nous apporter quelque lumière. Quoique la plupart des exemples soient empruntés aux mathématiques, et que la certitude et l'évidence de leurs propositions soient prises pour type idéal auquel il faudrait toujours atteindre dans ses jugements, le langage de Descartes, dans l'énoncé des règles comme dans les commentaires, semble être assez général pour comprendre aussi bien les procédés expérimentaux que les déductions du géomètre. Le premier énoncé est déjà édifiant : « Studiorum esse debet ingenii directio ad solida et vera, *de iis omnibus quæ occurrunt*, proferenda judicia (1). » Le commentaire de cette règle pose, comme on sait, l'unité fondamentale de la science, dans des termes rappelant les efforts que fait Bacon pour pénétrer le lecteur de la même idée (2). Il ne faut s'occuper, demande ensuite Descartes, que des questions où nous pouvons atteindre à une connaissance absolument certaine. Le commentaire cite précisément l'Arithmétique et la Géométrie comme réalisant cet idéal ; la raison qu'on en donne est que des deux procédés de connaissance dont nous disposons : déduction et expérience, c'est le premier seul qui est ici en jeu, de sorte qu'on échappe au danger des expériences trompeuses. Mais cela ne signifie en aucune manière que toutes les expériences le soient, puisque au contraire l'expérience est donnée à côté de la déduction comme, en dehors d'elle, la seule source de connaissance. Bacon dira de même d'ailleurs à sa manière que toute connaissance vient de l'expérience et de la réflexion. — Passant par-dessus les règles III et IV, l'une, celle de l'évidence, l'autre, prescrivant la nécessité d'une méthode, arrivons à la règle V. Le texte latin nous rappelle, ou mieux donne par avance la règle bien connue du Discours. « Tota methodus consistit in ordine et dispositione eorum ad quæ mentis acies est convertenda, ut aliquam veritatem inveniamus. Atque hanc exacte servabi.

(1) Ad. et T., t. X, p. 359.

(2) Cf. LALANDE, *Quelques textes de Bacon et de Descartes*, « Rev. de Mét. et de Morale », 1911, p. 307.

mus, si propositiones involutas et obscuras ad simpliciores gradatim reducamus, et deinde ex omnium simplicissimarum intuitu ad aliarum omnium cognitionem per eosdem gradus ascendere tentemus (1). » — Le commentaire est bref, mais particulièrement instructif. Ceux qui ne suivent pas cette règle font à Descartes l'effet de gens qui voudraient s'élever de la partie la plus basse d'un édifice jusqu'au faîte d'un seul bond, « vel neglectis scalæ gradibus, qui ad hunc usum sunt destinati, vel non animadversis ». Or quels exemples cite Descartes ? — les Astronomes, qui sans connaître la nature des cieux et *sans même avoir parfaitement observé les mouvements*, espèrent pouvoir en indiquer les effets ; ceux qui étudient les mécaniques en dehors de la physique ; et enfin, donnons le texte lui-même : « ita etiam philosophi illi qui *neglectis experimentis* veritatem ex proprio cerebro, quasi Jovis Minervam, orituram putant ! » Cette fois, c'est clair. La règle fondamentale de la Méthode qui postule l'ordre, et le double mouvement qui va du simple et du plus facile au complexe et au plus difficile, puis du complexe et du difficile au simple, et qui rapprochée des procédés du Géomètre nous faisait si naturellement penser aux démonstrations synthétiques et analytiques, cette règle, loin de ne viser que les sciences abstraites, est assez générale, dans la pensée de Descartes, pour s'appliquer aux exigences de la Méthode expérimentale avec la même rigueur qu'y mettrait Bacon. Pour le savant qui veut s'élever à quelque hauteur, les « scalæ gradus, » par-dessus lesquels on ne saute pas impunément, ce ne sont pas seulement telles définitions ou telles propositions mathématiques dont l'omission ôterait la rigueur aux longues chaînes de raisons du géomètre, ce sont aussi les « experimenta » ! Et alors décidément il est bien vrai que les principes de la Méthode de Descartes gardent assez d'élasticité pour venir se confondre avec ceux des vrais savants, dans tous les domaines. Le conseil de remonter dans chaque série aux natures simples et absolues, celui de rechercher tous les éléments qui intéressent la solution d'une question, et de les embrasser dans une énumération ordonnée

(1) Ad. et T., t. X, p. 379.

et complète, etc... bref toutes les règles qui, par les exemples cités et par l'origine de la Méthode dans l'esprit de Descartes, semblent d'abord traduire la méthode mathématique et nous maintenir dans un ordre d'idées excluant l'expérience, — toutes ces règles peuvent être transposées dans le langage de Bacon, et Descartes pouvait les retrouver sous des mots qui ne se rapportent plus qu'à des choses concrètes. Quand Bacon conseillait de considérer les corps comme formés de natures simples qu'il faut d'abord chercher à connaître, pour les engendrer ou les transformer, Descartes pouvait ne voir là qu'une application de sa règle bien connue : « Ad res simplicissimas ab involutis distinguendas et ordine persequendas... oportet... observare quid sit maxime simplex, etc. (1) » malgré le caractère abstrait des exemples qu'il cite pour les natures simples. Ne dit-il pas d'ailleurs lui-même que les natures simples peuvent nous être révélées soit par la lumière naturelle *soit par les expériences* ? — Quand Bacon s'ingéniait à expliquer en quoi consiste son induction, et qu'il demandait au savant de recueillir et de rassembler toutes les informations qui de près ou de loin touchent à un fait quelconque ; quand il montrait ensuite sur un exemple fameux comment du tableau d'ensemble de toutes ces constatations se dégage quelque axiome moyen, Descartes pouvait ne voir là, dans des conditions particulières, qu'un appel fait à son « inductio sive enumeratio », toujours malgré le caractère mathématique du principal de ses exemples. Et ainsi de suite. — Voilà du moins ce qu'il est permis de déduire sans hésiter du commentaire de la règle V. On a souvent voulu voir dans la partie la plus importante des *Regulæ*, je veux dire dans les douze premières règles, la méthode qui convient d'après Descartes aux mathématiques, la suite, d'ailleurs inachevée, devant traiter d'autres domaines de la connaissance. Le commentaire de la règle V s'oppose nettement à cette interprétation. Les exemples favoris de Descartes sortent toujours de l'Arithmétique ou de la Géométrie, mais dans sa pensée ses préceptes ont un sens assez large pour s'appliquer à tous les domaines scientifiques.

(1) Ad. et T., t. X, p. 381.

Sans aller plus loin dans cette analyse, on voit alors assez clairement que les écrits de Bacon pouvaient plaire à Descartes non pas seulement parce qu'ils menaient le bon combat contre les prétendus savants qui les avaient précédés l'un et l'autre, mais aussi parce que les conseils du penseur anglais traduisaient le plus souvent à leur manière les règles de la méthode cartésienne.

Et je n'ai pas dépassé en tout ceci les limites de la méthode logique — je n'ai rien dit des grandes lignes de la philosophie naturelle, tout particulièrement de l'exclusion des causes finales en physique, et du mécanisme fondamental, questions sur lesquelles les attitudes des deux penseurs se ressemblent assez pour qu'on se demande s'il n'y a pas eu ici influence directe de Bacon sur Descartes (1).

***

Il reste pourtant que Descartes donne le rôle le plus important dans la connaissance à l'*intuition*, à « l'intuitus purus » qui saisit directement la vérité. La déduction n'est elle-même qu'une suite ininterrompue d'actes d'intuition. C'est là un des points fondamentaux de la pensée cartésienne. Nous en trouvons déjà un témoignage dans les tout premiers écrits, dans les *Olympica*, dont nous connaissons le contenu par le résumé de Baillet, et par quelques extraits que nous a conservés Leibniz. Descartes, interprétant un songe dans lequel il a vu un recueil de poésies ayant pour titre *Corpus poetarum*, voulait y trouver la personnification de la sagesse elle-même (2). Il expliquait qu'elle apparaissait plutôt sous la figure des poètes que sous celle des philosophes par la raison que « poetae per enthusiasmum et vim imaginationis scripsere ». Et il ajoutait : « sunt in nobis semina scientiæ, ut in silice, quæ per rationem a philosophis educuntur, per imaginationem a poetis excutiuntur magisque elucent (3) ». Il opposait ainsi déjà aux raisonnements des

(1) Cf. Lalande, article déjà cité.
(2) Cf. Chap. II.
(3) Ad. et T., t. X, p. 217.

philosophes l'élan spontané de l'imagination des poètes, et s'appuyait sur les germes de science qui sont en nous. Dans les *Regulæ* ce n'est plus l'imagination des poètes, mais la raison humaine elle-même qui représente cette sorte de flair spontané de la vérité s'appuyant toujours d'ailleurs sur les germes que Dieu a mis dans notre âme : « Habet humana mens nescio quid divini, in quo prima cogitationum utilium semina ita jacta sunt, ut sæpe, quantumvis neglecta et transversis studiis suffocata, spontaneam frugem producant (1) ». La confiance de Descartes en cette lumière naturelle s'affirmera de plus en plus soit dans les spéculations sur les principes, soit dans les applications aux grands problèmes de la Métaphysique et de la Science. Il dira dans le *Discours* (VIe partie) : « J'ai taché de trouver en général les Principes ou Premières causes de tout ce qui est ou qui peut être dans le monde, sans rien considérer pour cet effet que Dieu seul qui l'a créé, ni les tirer d'ailleurs que de certaines semences de vérités, qui sont naturellement en nos âmes (2). » Et alors malgré tout la plus grosse difficulté subsiste : Descartes si fortement attaché à l'intuition et aux semences de vérités que nous trouvons tout naturellement en nous, a-t-il pu ne pas voir chez Bacon la condamnation qui se dégage de toutes les pages de ses livres contre les anticipations de l'esprit ? Certes, nous l'avons admis, il a pu apercevoir surtout dans le *Novum Organum* et dans le *De Augmentis* les accusations sans cesse formulées contre l'œuvre du passé ; satisfait des coups ainsi portés contre une science qui à ses yeux comme à ceux de Bacon doit être transformée pour ne pas rester dans le vide, plus que préoccupé de la nature et de la valeur de ces coups, il a pu ne pas s'apercevoir qu'ils l'atteignaient aussi lui-même. C'est entendu : mais le langage de Bacon prend aussi assez souvent une forme théorique, impersonnelle ; ses efforts tendent à poser des règles générales, à énoncer sa théorie de la connaissance, à montrer par quels procédés nous pouvons et devons aller vers la vérité. Or, toutes ses analyses et tous ses conseils conduisent systématiquement

(1) Ad. et T., t. X, p. 373.
(2) *Id.*, t. VI, p. 63-64.

à se défier de l'élan spontané de l'esprit et de toute intuition *a priori* pour qui veut saisir quelqu'un des secrets de la nature. Comment comprendre qu'une telle opposition à ses propres tendances ait pu n'être pas notée par Descartes, ou lui paraître d'assez peu d'importance pour que ni ses écrits dogmatiques ni sa volumineuse correspondance n'y fassent jamais la moindre allusion ?

On observera peut-être, en étendant à l' « intuitus purus » ce que nous avons dit en général des *Regulæ*, que cette opération de l'esprit n'exclut en aucune manière « l'observation et l'expérience : l'intuitus » peut avoir pour objet des éléments révélés par l'expérience (les natures simples, par exemple, quand elles sont données par l'expérience, — voir la règle VI). Et il faut bien reconnaître que, même en ce qui concerne ce mode de connaissance essentiel et peut-être unique aux yeux de Descartes, cette remarque, comme toutes celles de même ordre que nous avons déjà faites, contribue à diminuer la distance qui le sépare de Bacon. Mais cela ne saurait suffire pour résoudre complètement la difficulté qui se pose à nous. En fait, et en dehors des sciences abstraites, quand il s'agit de connaître le monde, Descartes commence par énoncer les lois fondamentales des choses, en tournant le regard de son esprit non pas vers ces choses, mais vers l'intérieur de son âme, où il trouve les germes divins qui suffisent à l'éclairer : oui ou non, est-il forcé qu'il ait alors le sentiment de renier et de détruire dans leurs parties essentielles les théories de Bacon ?

Il est encore permis de douter... Nous ne remarquons pas assez, quand nous opposons les méthodes de l'un et de l'autre, le rôle que joue Dieu pour Descartes. Pas plus que Bacon il n'accepte que l'intelligence de l'homme s'élance dans le vide, que seule, sans direction imposée du dehors, elle prétende édifier la connaissance des choses, et nous avons vu de quel ton d'énergique raillerie il cite ces philosophes qui espèrent, en dehors de toute expérience, voir sortir la science de leur cerveau comme Minerve de celui de Jupiter. A ces philosophes Descartes dirait, comme Bacon, que le seul moyen de connaître la nature est d'aller tout droit la chercher où on peut la trouver. Seulement depuis Bacon une Méta-

physique nouvelle a pris naissance, qui permet, pour une bonne part des recherches, de simplifier beaucoup les choses. « Je sais maintenant, dirait Descartes, qu'après mon âme, ou même en même temps que mon âme, et en tous cas avant le monde, je connais Dieu, créateur des vérités éternelles, et de toutes les lois selon lesquelles le monde est ordonné. Aller tout droit à la nature, c'est aller droit à Dieu ; car par Nature, considérée en général, je n'entends maintenant autre chose que Dieu même, ou bien l'ordre et la disposition que Dieu a établie dans les choses créées (VI[e] méditation). Or, aller droit à Dieu, pour saisir l'ordre des choses, c'est remonter simplement aux germes de science que Dieu, qui n'est point trompeur, a mis en mon âme, et d'où découlera pour moi la connaissance des principes, si seulement je m'astreins à n'affirmer jamais que ce que je conçois clairement et distinctement ». En d'autres termes, c'est Dieu qui, placé entre notre entendement et le monde, peut légitimement se substituer à celui-ci et fixer les regards de notre esprit en quête des lois fondamentales des choses. Mais ces clartés nouvelles c'est à lui, Descartes, qu'on les doit, à lui qui, venant après Bacon dans l'effort commun de détourner le savant de la vaine dialectique vers les réalités de la nature, a pu ainsi, sans en modifier le but essentiel, simplifier et perfectionner la Méthode du penseur anglais. Faute de connaître cette Métaphysique nouvelle, faute de savoir que, pour trouver les Principes ou Premières causes de tout ce qui est ou peut être dans le monde, il suffit de ne considérer à cet effet que Dieu seul qui l'a créé, l'auteur du *Novum Organum* avait réalisé pour la connaissance, contre les adeptes de l'autorité et de la Scolastique, l'idéal de sagesse qui fût accessible à l'homme.

Et peut-être enfin est-il permis d'aller plus loin. Si Bacon n'avait pas fait déjà ces précieuses remarques, s'il n'avait pas vu que, pour prendre contact avec la nature, il suffisait de prendre contact avec Dieu, ou, ce qui revient au même, avec les vues directes sur toutes les réalités possibles qu'il a communiquées à notre âme, Descartes se sentait probablement d'autant moins fondé à le lui reprocher, qu'il trouvait dans ses écrits tout ce qui pouvait, s'il

y eût réfléchi, l'amener à la vérité telle que lui, Descartes, la formule.

D'une part, en effet, Bacon ne rejette en aucune façon l'activité de la pensée. L'esprit de l'homme, la raison humaine, la réflexion, ont à ses yeux leur rôle essentiel dans la connaissance. Il faut seulement, pour éviter l'erreur ou l'inefficacité de leur action, qu'une méthode les dirige sans cesse, et cette méthode doit être avant tout une vue directe de la nature. D'autre part, Bacon fait place à une science qui aurait Dieu pour objet, « science, ou mieux étincelle de science, telle qu'on peut l'acquérir sur Dieu par la lumière naturelle et par la contemplation des choses (1) ». Il se trompe, certes, aux yeux de Descartes, en faisant servir la connaissance des choses à celle de Dieu, mais du moins il accepte que la lumière naturelle de l'esprit puisse l'aider à s'élever jusqu'à lui. Si seulement alors Bacon admettait que la pensée de Dieu, créateur du monde, reflète en quelque manière toutes les essences qui s'y trouvent réalisées, ne semble-t-il pas qu'il serait tout près de la métaphysique de Descartes, et que l'accord qui existe entre eux sur le but à atteindre, s'étendrait aisément à la méthode elle-même ? Or, n'est-ce pas précisément ce que Descartes avait pu comprendre, en lisant, dès les premières pages du *Novum Organum*, cet aphorisme fort suggestif : « Non leve quidquam interest inter humanæ mentis idola et divinæ mentis ideas ; hoc est, inter placita quædam inania, et veras signaturas atque impressiones factas in creaturis, prout inveniuntur ? (2) ». Il y avait identité pour Bacon entre les idées de l'entendement divin et les vraies marques imprimées par Dieu dans ce qu'il a créé, telles que nous les découvrons. En étudiant directement la nature, c'est donc l'image même de la pensée divine que nous retrouvons et contemplons... Ne suffirait-il pas d'appliquer ces remarques à la créature qu'est notre âme pour signaler dans les traces divines qu'elle contient, — sauf sans doute à les distinguer des fantômes à chasser, — la source la plus naturelle de notre connaissance des idées, des

(1) *De dignitate*, livre III, ch. II.
(2) *Novum Organum*, livre I, ch. XXIII.

essences, des formes, des lois suivant lesquelles est ordonné le monde ? Et ainsi Descartes qui sur ce point, comme sur tant d'autres, a le sentiment d'avoir énoncé pour l'humanité la vérité unique et définitive, avait bien pu voir dans Bacon l'un de ceux qui en avaient le plus approché.

Malgré ce qu'il y avait de fondé dans de telles appréciations, et la part qu'il faut faire au caractère métaphysique de bien des idées de Bacon, c'était là une illusion : si celui-ci eût vécu assez longtemps, il l'eût vite dissipée sans doute, en mettant toute son énergie à combattre la méthode intuitive de Descartes, et à montrer toute la difficulté qu'il y a à distinguer dans l'âme, en dehors de l'expérience, les traces divines des fantômes eux-mêmes. Mais cette illusion s'adapte trop bien à la psychologie de notre grand philosophe pour avoir de quoi nous surprendre ; elle achève en tous cas d'expliquer son indulgente sympathie pour celui que l'histoire lui oppose, avec quelque exagération d'ailleurs, comme le représentant des tendances les plus contraires aux siennes.

CHAPITRE XI

LE DOUBLE ASPECT DE L'ŒUVRE SCIENTIFIQUE DE DESCARTES

Quand on lit Descartes, et qu'on s'attache en particulier à la formation de sa pensée scientifique, on dirait que son œuvre sort toute faite de son cerveau, qu'il ne doit rien ou presque rien ni aux anciens ni aux modernes, qu'il est venu réaliser dans la science humaine une révolution sans exemple : cette impression ne résulte pas seulement de ce que, en général, il ne nous montre pas le lien qui le rattache aux autres, mais aussi de ce qu'il semble arriver spontanément à ses découvertes par une voie qui lui est propre, soit en appliquant sa Méthode, soit en énonçant simplement les conséquences de sa Métaphysique. On croirait, au moins à première vue, qu'il a réalisé son programme en reconstruisant, sur les ruines de tout ce qui avait été déjà fait, une science toute neuve, portant au plus haut degré la marque de sa forte personnalité. C'est d'abord ce que nous voudrions montrer, en entrant dans quelques détails. Puis, rapprochant cette sorte de génération spontanée du grand courant qui va des Grecs à Descartes, nous constaterons avec quelle exactitude au contraire elle s'y insère et combien peu au fond Descartes est révolutionnaire, malgré toute son originalité ; d'où nous tirerons une leçon, ajoutée à tant d'autres du même genre, sur le double caractère du progrès des sciences.

***

A peine sorti du Collège, Descartes, tout en sachant apprécier la valeur de l'enseignement qu'il a reçu, cherche, on le sait, des voies nouvelles. La confiance qu'il a en ses propres ressources pour arriver à la vérité dans les sciences n'attend pas, pour se manifester, qu'il ait trouvé la fameuse Méthode par laquelle il doit être conduit à la Science universelle. Tout jeune encore, nous dit-il (1), il se dispense de lire les livres qui annoncent d'ingénieuses découvertes et cherche directement à y arriver par lui-même. C'est vers la fin de 1618, à Bréda, qu'il aborde systématiquement quelques graves questions de Mathématique et de Physique. L'esprit souple et curieux de Beeckmann lui pose les problèmes les plus variés. Descartes, qui n'a guère plus de vingt-deux ans, répond à toutes. Sur la théorie mathématique de la Musique, il rédige un traité magistral, dont Beeckmann conserve le manuscrit avec un soin pieux. S'agit-il du fameux problème de la chute des corps, Descartes donne une réponse fort originale, sur laquelle il est revenu plusieurs fois dans la suite, et qui serait parfaite, si, par une confusion inexplicable entre les espaces et les temps, il n'avait abouti à cette loi : de deux espaces égaux parcourus successivement, le second est parcouru trois fois plus vite que le premier. Beeckmann, il est vrai, reproduisant cette démonstration corrige d'instinct l'énoncé, et plus tard Descartes lui-même, quand il lira Galilée, croira reconnaître sa loi, mais la confusion subsiste longtemps dans son esprit, comme on le voit chaque fois qu'il revient sur la question. Peu importe, d'ailleurs ; cette démonstration qui procède par décomposition du mouvement en moments infinitésimaux, dans chacun desquels la même action de la pesanteur s'ajoute sans cesse, — qui manie élégamment les indivisibles bien avant que Descartes ait lu Cavalieri, et qui mettrait si naturellement en évidence par deux triangles, dont l'un est le quadruple de l'autre, le vrai rapport des espaces parcourus, s'il n'y avait pas confusion, a quelque chose d'extrêmement original (2), D'une manière générale, il a sa manière à lui, et Beeck-

(1) Ad. et T., t. X, p. 214.

(2) *Id.* t. X., p. 58 et 75.

mann le loue dans son journal d'associer, comme personne encore, la Mathématique et la Physique.

Mais c'est en Mathématiques pures que son esprit prend le plus de plaisir à s'exercer. Par ses lettres écrites de Bréda à Beeckmann, en même temps que par les inédits de Leibniz, nous savons quels sont les problèmes auxquels il s'applique dès le mois de mars 1619, et quelle est son ambition. Il invente des compas d'un nouveau genre dont l'un lui permet de diviser un angle en trois parties égales, et même, convenablement modifié, de diviser un angle en autant de parties égales que l'on veut, et dont l'autre (que nous retrouverons décrit dans sa *Géométrie*) lui donne le moyen de construire graphiquement les racines d'équations cubiques appartenant à trois types différents. Ce sont là, dit-il, des démonstrations tout à fait nouvelles, et il a le sentiment qu'il travaille à la création d'une œuvre considérable : « Il ne s'agit pas de l'*Ars brevis* de Lulle, écrit-il à Beeckmann (1), mais d'une science tout à fait nouvelle par laquelle pourront être résolus tous les problèmes relatifs à n'importe quel genre de quantité, continue ou discrète. » Cette science donnera une sorte de classification des problèmes, et dira si une question posée peut se résoudre avec la règle et le compas ordinaire, ou si elle dépend des coniques, ou d'autres courbes plus compliquées mais toujours géométriques, comme la cissoïde, la conchoïde, etc., ou enfin si elle ne peut se résoudre qu'à l'aide de courbes mécaniques comme la quadratrice : « Œuvre infinie, ajoute-t-il, et qui ne saurait être celle d'un seul ; projet incroyablement ambitieux ! Mais dans le chaos obscur de cette science j'aperçois je ne sais quelle lumière qui m'aidera, j'espère, à dissiper les ténèbres les plus épaisses. » De fait, c'est la classification qui se trouvera réalisée au commencement du second livre de sa *Géométrie*. Mais ce qui nous intéresse ici c'est que dès ses premiers pas, Descartes a l'ambition de créer quelque chose de grand, de complet, embrassant un domaine infini, qui forme une science intégrale... Il y aura dans ce désir un des traits qui caractériseront le mieux son génie.

(1) Ad. et T., t. X, p. 156.

Pourtant ces recherches de l'hiver 1618-1619 ne sont encore que des tâtonnements, où Descartes nous étonne par son ingéniosité et par l'envergure de ses projets, mais où il apparaît tout de même assez semblable à tout autre chercheur, n'ayant pas perdu, pour se guider, le contact des autres intelligences. Il déclare même à Beeckmann que c'est lui qui a excité son esprit paresseux. A partir de l'automne 1619, il sent le besoin de s'isoler ; il décide de chercher désormais les vérités scientifiques par ses seules ressources, convaincu que « souvent il n'y a pas tant de perfection dans les ouvrages composés de plusieurs pièces et faits de la main de divers maîtres, qu'en ceux auxquels un seul a travaillé », comme il dit lui-même dans le « Discours ». Il trace les grandes lignes d'une Méthode qui doit le conduire à la connaissance de tout ce qui peut être atteint par l'intelligence de l'homme ; et en deux ou trois mois la simple application des quelques préceptes qu'il s'est donnés le fait parvenir à la réforme complète des Mathématiques et à la solution de très importantes questions qui l'avaient arrêté jusque-là. L'analyse des anciens était trop astreinte à la considération des figures, l'algèbre des modernes embarrassait l'esprit par ses notations compliquées, l'une et l'autre ne s'étendaient d'ailleurs qu'à des matières abstraites qui semblaient n'être d'aucun usage : Descartes conçoit une mathématique qui étudiera les relations quantitatives en général, sans se préoccuper de savoir à quelles grandeurs elles s'appliqueront ensuite, mais en les supposant dans les objets les plus simples, c'est-à-dire dans les longueurs. Il convient donc de représenter par une longueur le résultat de toute opération quantitative. Puis il simplifie, comme on sait, l'écriture algébrique par l'introduction de lettres et d'exposants. Et, ainsi armé de sa mathématique nouvelle, il résoud toutes les difficultés qu'il a pu rencontrer dans ses recherches antérieures, et en arrive même à déterminer, dans les questions qu'il ignore, « par quels moyens et jusque où il est possible de les résoudre ». Tout ce qui est ainsi sorti en quelques semaines de la Méthode, il est difficile de l'indiquer avec précision. Mais il est raisonnable de supposer d'abord résolus les problèmes pour lesquels Descartes se passion-

nait naguère. Sa lettre à Beeckmann du mois de mars le montrait extrêmement préoccupé par les équations cubiques ; et, d'autre part, Lipstorpsius, dans ses *Specimina philosophiæ Cartesianæ* (page 80), parlant du séjour à Ulm en 1619-1620, déclare que Descartes était dès lors en possession du procédé qui permet de construire les racines de toutes les équations du 3e et du 4e degré à l'aide d'une parabole et d'un cercle, comme il l'exposera un jour dans sa *Géométrie*, et, pouvons-nous ajouter, comme il l'exposait quelques années plus tard à Beeckmann. Il est très vraisemblable aussi que Descartes avait au moins fort avancé la question qui lui tenait tant à cœur d'une classification générale des problèmes d'après le degré de complication des courbes d'où ils dépendent...

Quoi qu'il en soit, en attendant que sa Méthode le conduise à sa Métaphysique, c'est-à-dire encore pendant huit ou neuf ans, Descartes ne cessera d'en tirer de nouvelles merveilles en mathématiques et dans quelques questions de physique. Il mentionne sur un manuscrit, que nous connaissons par Baillet, la date du 11 novembre 1620 comme celle du jour où il commence à comprendre les fondements d'une admirable découverte. Il revient à ce moment de traverser la Bohème, il s'est certainement arrêté à Prague, où il a trouvé le souvenir de Kepler, et très vraisemblablement sa pensée vient d'être attirée du côté de l'optique... Pendant quelques années, on le devine occupé à la construction de puissants instruments, et les travaux physico-mathématiques qu'entraînent ces préoccupations sont de diverses sortes. C'est, par exemple, le fameux problème de l'anaclastique que nous retrouvons dans la Dioptrique, et dont il expose la solution en 1628 à son ami Beeckmann ; c'est encore la définition et la construction de ses fameuses ovales ; c'est l'étude de l'arc-en-ciel, etc... Mais, avant tout, ces travaux supposent enfin connue la loi de la réfraction ; or, la Dioptrique nous apprend de quelle miraculeuse intuition la tire Descartes. Il part, comme le lui ordonne sa Méthode, de la nature de la lumière, qu'il peut comparer à une balle, et de quelques principes évidents à ses yeux : 1° l'action de la réfraction porte sur la vitesse totale de la balle ; 2° la balle, en passant dans le nouveau milieu, ne perd

rien de sa détermination horizontale. La loi des sinus en jaillit aussitôt, cette loi qui désormais sera la clé de tous les mystères en optique. A quelle date cette sorte d'éclosion spontanée se produit-elle ? Il est difficile de préciser, mais il résulte de la correspondance de Descartes, que c'est probablement vers 1626 (1).

En 1631, Descartes rencontre sur sa route, proposé par Golius, le fameux problème de Pappus. On sait qu'il sera pour lui l'occasion d'exposer, dans sa *Géométrie*, comment il fait correspondre à une courbe une équation liant deux indéterminées : c'est ce qu'on nomme sa Géométrie analytique, et ce qui aux yeux des historiens a si souvent caractérisé, dans ce qu'elle aurait voulu avoir d'essentiel, la révolution cartésienne en Mathématiques.

Et enfin il faudrait s'arrêter à toutes les pages de la *Géométrie*, donnée en 1637 comme l'application la plus fidèle de la Méthode, pour énumérer toutes les propositions dont se trouve désormais enrichie la théorie des équations.

Je ne parle que des travaux essentiels : la Correspondance, plus encore que les livres publiés par Descartes, témoignerait de l'abondance des idées, et de l'universalité du génie scientifique de Descartes. Mentionnons le traité des Machines, rédigé sur la demande de Huygens. La théorie du levier, celle du plan incliné, etc., y reposent sur un principe unique que sa raison dicte à Descartes : « La même force qui fait monter un poids de 200 livres à 1 pied fait monter un poids de 100 livres à 2 pieds. »

Mais jusqu'ici, en physique ou en mathématique, il n'a été question que de problèmes plus ou moins spéciaux. Ce dont rêve Descartes, et qu'il songeait à réaliser dès 1633, quoique l'ouvrage ne paraisse qu'en 1644, c'est une *Physique Générale*, une science intégrale de l'Univers. Les principes, nous dit-il, ne pouvaient être tirés que d'une métaphysique achevée, et c'est pourquoi il n'a pas pu y songer avant 1629. On sait comment cette métaphysique conduit à affirmer l'existence d'un être parfait dont les qualités une fois connues permettent d'énoncer

(1) Cf. mes *Nouvelles études sur l'histoire de la pensée scientifique, Descartes et la loi des sinus*. Paris, Alcan, 1911.

les principes de la *Physique Générale*. Dieu ne saurait nous tromper : pourvu que, évitant la précipitation, nous n'énoncions que ce qui nous paraît clair et distinct, nous formulons la vérité. Or, des qualités de la matière, une seule possède ce caractère, — l'étendue. C'est donc là l'essence même de la matière. Tout ce que les âges antérieurs ont manié sous le titre de qualités substantielles doit désormais s'écrouler. Le monde doit s'expliquer uniquement par l'étendue et le mouvement. D'autre part, Dieu est immuable ; il veut donc conserver : 1° la quantité de mouvement qui est dans l'univers ; 2° l'état de repos ou de mouvement d'un corps qui n'en rencontre pas d'autres. Enfin, l'être parfait conserve évidemment le mouvement en la matière de la façon la plus simple, il en résulte que chaque élément de matière a une tendance à continuer son mouvement en ligne droite. Et voilà d'un coup tiré, des qualités de Dieu, en outre d'un principe de constance quantitative dans le monde, le grand principe d'inertie qui deviendra le fondement de la dynamique rationnelle. D'ailleurs, les fins de Dieu, être infini, nous étant inaccessibles, les sciences de la nature devront chasser toute explication finaliste, et s'en tenir à la recherche des causes efficientes. On sait assez par la lecture des *Principes de Philosophie* comment, partant de ces principes et de ces idées fondamentales, Descartes a construit l'univers, et tenté de donner une explication complète de tout ce qu'il renferme sur la terre et dans les cieux.

Voilà, me semble-t-il, pour me borner aux grandes lignes, l'impression qui se dégage de la lecture de Descartes : génie d'une puissante originalité, il ne veut rien devoir ou presque rien à ceux qui l'ont précédé. Il vient briser la chaîne des générations, ne demandant qu'à lui-même, à ses observations personnelles, à sa raison, à sa Méthode, à sa Métaphysique, les directions d'une science nouvelle, qu'il veut d'ailleurs aussi complète que possible, et définitive aussi, si l'on entend par là que tout ce que trouveront ses arrière-neveux ne sera que conséquence plus ou moins lointaine de ses théories.

⁂

Voyons maintenant les choses du dehors, pour ainsi dire. Le Collège de La Flèche où Descartes a fait ses études était un établissement privilégié, d'enseignement secondaire, dirions-nous aujourd'hui, et aussi d'enseignement supérieur. Les maîtres y professaient, il est vrai, la philosophie péripatéticienne, mais tout au moins on lisait Aristote ; on appréciait la physique des formes substantielles, mais tout au moins la maison était assez ouverte aux nouveautés pour que, d'après le récit de Rochemonteix, on y célébrât en 1611 la découverte de la lunette de Galilée et surtout les grandes nouveautés astronomiques qu'elle avait permis de dévoiler. Il est impossible de savoir quel fut le principal professeur de mathématiques de Descartes. Du moins, la Bibliothèque de La Flèche recevait à coup sûr les ouvrages de Clavius, à qui Descartes a bien pu emprunter les notations dont il fait usage en 1619, comme le remarque M. Enerström dans ses notes de la grande édition. Or, les œuvres de Clavius, pour l'Algèbre et la Géométrie en particulier, étaient des plus savantes non pas seulement par les théories modernes, mais aussi par tout ce qu'elles donnaient des travaux d'analyse des anciens (problèmes de la trisection de l'angle, des deux moyennes proportionnelles, etc.). Si Descartes est mécontent de l'enseignement de l'Ecole, ce mécontentement lui-même et son désir de savoir autrement et davantage ne sont-ils pas dus en partie à ce qu'il avait appris ? Plus tard, pendant son séjour à Bréda, il rencontre Beeckmann qui lui suggère mille sujets d'étude, mais en même temps le dirige quelque peu. Il lui demande, par exemple, quelle est la loi de la chute des graves, mais en même temps il lui demande de procéder d'après son principe à lui. Nous avons sur ce point le témoignage de Beeckmann, dans son journal. A la suite de la démonstration de Descartes qu'il a transcrite, il dit : « Hæc ita demonstravit Mr. Peron, cum ei ansam præbuissem rogando an possit quis scire, etc., secundum mea fundamenta, viz. *quod semel movetur semper movetur in vacuo* (1). » Etant données les relations des deux amis, on se figure aisément que si Descartes ne lit

(1) Ad. et T., t. X, p. 60.

pas tous les livres que Beeckmann peut lui communiquer, il puise au moins dans leurs entretiens la substance de ces livres. Il écrit d'ailleurs lui-même à Beeckmann, en avril 1619 : «... te ut studiorum meorum promotorem et primum authorem amplectar. Tu enim revera solus es, qui desidiosum excitasti, jam e memoria pene elapsam eruditionem revocasti, et a seriis occupationibus aberrans ingenium ad meliora reduxisti. Quod si quid igitur ex me forte non contemnendum exeat, poteris jure tuo totum illud reposcere... (1). »

Quelle est donc cette érudition à laquelle le ramène Beeckmann ? Sans rien préciser, la nature même des questions dont s'occupe Descartes montre suffisamment qu'il s'agit d'une part de l'analyse des géomètres anciens, d'autre part de l'algèbre des modernes. Les Grecs avaient vu que certains problèmes ne peuvent se résoudre avec la règle et le compas, et ils faisaient intervenir alors ou bien les sections coniques, ou bien des courbes telles que la conchoïde, qu'ils n'hésitaient pas à définir par des procédés mécaniques de construction. Des instruments autres que la règle et le compas s'employaient d'ailleurs couramment, et non pas seulement pour tracer des courbes nouvelles, mais pour construire des longueurs inconnues, comme dans le fameux problème des deux moyennes proportionnelles. Les premiers tâtonnements de Descartes de 1619, connus par les « Inédits », apparaissent à cet égard comme de simples imitations des procédés anciens, — l'énoncé du problème s'exprimant seulement en écriture *Cossique*, celle où Allemands et Italiens avaient l'habitude d'écrire leurs équations, et où l'inconnue (la *Cosa*) et ses puissances successives étaient représentées par des signes distincts.

La *Logistica* de Buteo de 1559 avait présenté ceci d'intéressant qu'elle avait rompu avec ces vieilles notations remontant plus ou moins directement à Diophante, et qu'elle représentait les inconnues par des lettres. Viète avait étendu cette réforme aux données, de sorte que chez lui toutes les quantités connues ou inconnues sont représentées par des lettres, — par de grandes lettres. Des-

(1) Ad. et T., p. 162-163.

cartes les représentera toutes par de petites lettres. Chez Viète, au moins dans le *De Emendatione*, la même lettre A sert pour l'inconnue et ses puissances ; le carré, le cube, etc., sont indiqués par A quadratus, A cubus, etc... C'est presque la notation à l'aide d'exposants qui sera celle de Descartes. Mais la notation de Viète restait compliquée par la nécessité d'indiquer si les grandeurs sont des longueurs, des surfaces, des solides, des sursolides, etc., etc. Le produit de deux longueurs était une surface, le produit de trois était un solide... Et bien vite les combinaisons de grandeurs, comme dans le langage des anciens, de Pappus, par exemple, n'avaient plus de sens réel. Les ouvrages tels que ceux de Clavius, où la notation restait *Cossique*, échappaient au moins à l'inconvénient précédent du fait qu'il n'entrait que des nombres dans les équations. D'autre part, il n'est pas un mathématicien de la Renaissance qui se rattache exclusivement au courant venu de Diophante, sans relever plus ou moins aussi de l'analyse des géomètres grecs de la période classique, et sans manifester quelque goût pour les représentations géométriques. En particulier, s'il s'agit de déterminer une quantité qui numériquement échappe à une détermination exacte, comme il arrive le plus souvent pour des racines carrées ou cubiques, Clavius, sans avoir d'ailleurs la prétention de donner autre chose qu'un procédé apparemment connu, résoud simplement la question suivante : « Trouver géométriquement, par le moyen de lignes, les racines carrées ou cubiques de nombres non carrés et non cubes. Soit un nombre 10 représentant un carré de 10 unités carrées. Considérons une ligne A de dix unités de longueur, et soit B la ligne unité. La moyenne proportionnelle entre A et B représentera la racine carrée de A. Pour la racine cubique de 10, on construirait deux moyennes proportionnelles entre les lignes A et B (1). » On reconnaît là la construction que donnera Descartes au début de sa *Géométrie* pour représenter les racines. Ce recours à la longueur unité permettra d'appliquer aussi facilement le mode de représentation ici indiqué aux résultats de la multiplica-

(1) *Geom. practicæ*, livre VI, t. II des œuvres, p. 173. Mayence, 1611.

tion et de la division : a et b étant deux longueurs, $\frac{a\ b}{u}$, c'est-à-dire la 4e proportionnelle à a, à b, et à l'unité, représentera le produit $a\ b$, et de même le quotient $\frac{a}{b}$ sera représenté par la 4e proportionnelle $\frac{a\ u}{b}$. Dès lors, un terme quelconque d'une équation désignera toujours une longueur ; ainsi se trouvera éclairé le sens du langage algébrique, et Descartes pourra plus aisément s'appliquer à la théorie des équations.

Les algébristes modernes avaient déjà porté leur effort de ce côté. Tartalea avait trouvé la règle pour calculer la racine d'une équation du troisième degré. Cardan avait repris la question, l'avait traitée plus complètement et avait remarqué qu'il est un cas où la suite des calculs indiqués ne peut plus s'effectuer (le cas irréductible). En outre, il avait reconnu le premier, semble-t-il, la multiplicité des racines d'une équation, parmi lesquelles il note les racines négatives aussi bien que les positives. Ferrari avait donné une méthode pour ramener la résolution d'une équation du 4e degré à celle d'une équation du 3e. C'est d'ailleurs ce que fera aussi Descartes, mais par un autre procédé. Bombelli avait repris et publié en 1589, en les développant, les résultats obtenus par Cardan et par Ferrari. Notamment, il avait vu, par une construction géométrique à la manière des anciens, que, dans le cas irréductible, le résultat des calculs qui semblent impossibles est pourtant réel ; et il avait même indiqué un moyen de se dégager des difficultés du calcul. Plus tard, en 1629, le hollandais Albert Girard va plus loin, et montre que dans ce cas irréductible il existe toujours trois racines, deux d'un certain signe et la troisième du signe contraire. Viète, à son tour, après avoir, nous l'avons dit, quelque peu simplifié les notations, avait ensuite résolu un certain nombre de problèmes généraux : augmenter, diminuer, multiplier, diviser les racines d'une équation, et, comme application, faire disparaître le second terme, chasser les dénominateurs, débarrasser les équations des termes irrationnels, etc... Enfin il avait vu le premier (en supposant, il est vrai,

que l'on n'a affaire qu'à des racines positives) que les coefficients successifs donnent la somme des racines, la somme des produits deux à deux, etc. C'était là une bonne partie des résultats généraux que Descartes établira dans le troisième livre de sa *Géométrie*, et c'était même presque la formation du premier membre d'une équation par la multiplication de facteurs binomes, telle que Harriot la donnera en 1631 et Descartes en 1637. Viète, d'autre part, se rattache aux anciens par ses constructions de racines, par ses études sur les sections angulaires et, en ce qui concerne les équations du 3e degré, il aboutit à cette remarquable conclusion : la résolution de toutes les équations du 3e degré se ramène soit à la construction de deux moyennes proportionnelles, soit à la trisection de l'angle. Descartes énoncera lui aussi cette proposition à la fin de sa *Géométrie*, et, quoiqu'elle ne lui soit pas indispensable pour sa solution générale des problèmes solides (par l'intersection d'un cercle et d'une parabole), il ajoutera une certaine importance à cette élégante réduction de tous les cas possibles aux deux cas traditionnels de la recherche des deux moyennes et de la trisection de l'angle.

Descartes ne dit nulle part comment il a été amené, pour la solution des problèmes solides, à l'intersection d'un cercle et d'une parabole. Il tenait cette solution très vraisemblablement, nous l'avons dit, dès les premiers mois de 1620. C'était en tous cas un résultat analogue à celui des géomètres grecs qui, pour la duplication du cube, par exemple, procédaient par l'intersection de deux coniques. C'était la vieille méthode par les lieux géométriques, peut-on dire, si l'on n'ose pas prononcer, à propos des anciens le mot de *Géométrie analytique*, qu'on réserve à Descartes. Au fond, la distance de l'une à l'autre n'est pas aussi grande qu'on le croit. En présence d'un problème qui conduisait à l'extraction d'une racine cubique, ou, si l'on veut, à une équation $x^3 = a^2 b$, par exemple, que faisaient couramment Apollonius ou Archimède ? Ils introduisaient une deuxième variable y, liée à x par la relation $x^2 = ay$, et ils se trouvaient en présence du problème classique : trouver deux longueurs x et y liées aux données par les relations que nous écri-

vons aujourd'hui : $\frac{a}{x} = \frac{x}{y} = \frac{y}{b}$, c'est-à-dire trouver deux moyennes proportionnelles entre a et b. Et quand, pour résoudre ce dernier problème, ils avaient recours, par exemple, à deux paraboles que nous représenterions par les équations $x^2 = a\,y$ et $y^2 = b\,x$, — (comme c'est le cas pour Menechme, d'après Eutocius), — ils n'étaient pas loin de ce qu'a fait probablement Descartes pour toute équation du 3ᵉ ou du 4ᵉ degré, par un procédé qui équivalait en somme à poser $x^2 = y$, et à degager de la combinaison des deux équations celle d'un cercle. C'est probablement vers 1631, quand Golius appelle son attention sur le problème de Pappus, que Descartes systématise davantage son idée de faire correspondre à toute courbe géométriquement définie une relation entre deux indéterminées x et y, — l'une des deux étant une certaine longueur comptée à partir d'un point fixe sur une droite donnée, l'autre pouvant avoir une signification quelconque. Dans l'exemple du problème de Pappus la deuxième indéterminée se définit comme la première par un segment de droite, mais dans l'exemple des ovales, comme l'indiquent les calculs inachevés qui nous ont été conservés (1), la deuxième indéterminée est une fonction simple de deux lignes allant d'un point de la courbe à deux points fixes. On représente ordinairement la méthode de Descartes comme opérant tout spécialement sur deux axes de coordonnées ; c'est une erreur. Descartes n'emploie d'ailleurs jamais ces expressions. Il dit : rapportons les points de cette courbe à ceux de telle droite, et il définit ensuite sa deuxième indéterminée. Certes, Descartes, par la systématisation de cette méthode, par la vision qu'il a eue de toute son efficacité, mérite que son nom y reste attaché, mais à la condition que l'on sente d'abord à quel point elle se rattachait directement à la méthode des lieux géométriques des anciens.

Je crois bien que les premiers indices du retour à la méthode des deux indéterminées se trouveraient chez Viète, qui, pour résoudre ses équations, introduit à côté

(1) Ad. et T., t. X, p. 310-324.

de l'inconnue A une deuxième inconnue E liée à la première par certaine relation convenablement choisie. Mais en tous cas, antérieurement à la publication de la *Géométrie*, nous savons bien que Fermat, dans son *Isagoge*, avait eu l'idée de la méthode des coordonnées *a* et *e* pour représenter la droite, puis les diverses coniques. Et cela suffirait pour montrer combien le progrès que réalise Descartes sort naturellement de l'état de l'analyse au moment où paraît sa *Géométrie*.

En physique, l'ouvrage de 1637 apportait des vues intéressantes sur l'arc-en-ciel et sur la construction d'instruments d'optique, toutes fondées sur la loi de la réfraction. Descartes donnait de celle-ci une démonstration théorique à laquelle j'ai déjà fait allusion, et que personne, je crois bien, n'a jamais comprise. Mais me contentant de rappeler ici à quel point Kepler, dans ses recherches, avait été près de trouver cette loi, et qu'en fait elle avait été trouvée par Snellius, en Hollande, vers 1625, je ferai suffisamment sentir, je crois, la continuité sur ce point, comme sur les autres, de l'œuvre de Descartes par rapport à ses prédécesseurs.

Il faut citer comme un véritable chef-d'œuvre le court traité des machines que Descartes rédige à la demande de Huygens. Toute la théorie se fonde, comme on sait, sur le principe qui fait intervenir au fond ce que nous nommons le *travail*, c'est-à-dire le produit de la force par le chemin qu'elle fait parcourir au mobile dans le sens de sa direction. C'est assez indiquer l'importance et la valeur de ce principe. Mais, comme M. Duhem nous l'a montré il y a longtemps dans les *Origines de la Statique*, même sans remonter à sa suite jusqu'à un courant fort ancien, dont la marche s'est longtemps poursuivie en opposition au courant aristotélicien, et sans aller au delà des prédécesseurs immédiats ou des contemporains de Descartes, ce principe pouvait se dégager aisément des suggestions de Galilée à propos du plan incliné, et en tous cas se trouvait formulé déjà par Stevin, comme conclusion de la théorie des moufles, et par Hérigone, comme principe même du levier et du plan incliné. Descartes avait le grand mérite de sentir l'importance de la notion qu'impliquait au fond ce principe et de résoudre avec lui

seul le problème complet de l'équilibre de toutes les machines.

Longtemps auparavant, dès l'hiver de 1619, il avait trouvé ou cru trouver, sur la demande de Beeckmann, la loi de la chute des graves dans le vide. Le maniement des « indivisibles », dont il se sert avant Cavalieri, n'a peut-être rien de trop révolutionnaire après l'usage qu'en a déjà fait Kepler. L'énoncé même de la loi avait été donné quinze ans auparavant par Galilée qui ne l'avait encore pas publié, mais en avait parlé dans sa Correspondance et probablement dans ses leçons. Et enfin, quant à la méthode qui consiste à intégrer les espaces et à les représenter par les aires de deux triangles, dont le rapport est $\frac{1}{4}$, méthode que Descartes n'applique qu'incorrectement (du moins dans la note du Journal de Beeckmann qu'il a rédigée lui-même), chose étrange, ç'avait été la première méthode de Galilée, que celui-ci d'ailleurs avait aussi appliquée incorrectement. M. Duhem a trop insisté là-dessus (1) pour que j'y revienne ; je me contente de noter ici, à quelques années de distance, les mêmes erreurs accompagnant les mêmes remarquables suggestions.

Ce n'est qu'en 1644 que Descartes publie, dans ses *Principes*, les lois générales du mouvement ; il en est une surtout qui lui fait grand honneur, c'est celle que nous nommons le « principe d'inertie ». La distinction de la détermination ou direction géométrique du mouvement et du mouvement lui-même ou de sa vitesse empêche que nous entendions toujours ce principe exactement comme Descartes. Une balle qui rebondit verticalement après avoir touché le sol se présenterait pour lui dans le même état de mouvement, tandis que pour nous la vitesse aurait changé de signe. Mais à part ce détail on peut dire que la science a fait définitivement une sorte de dogme du principe de Descartes. On a montré il y a longtemps, notamment M. Painlevé (2), à quel point le principe

(1) *Etudes sur Léonard de Vinci*, troisième série, notamment chap. XXXI.

(2) *De la méthode dans les sciences*, première série, nouvelle collection scientifique Borel.

d'inertie s'offrait naturellement à la science du seul fait du triomphe définitif du système de Copernic. D'une manière plus concrète on jugera combien ce principe était « dans l'air » à la lecture de certains passages de Galilée où, sans être énoncé à part, il est manifestement supposé comme évident. Par exemple, à propos d'un mobile lancé sur un plan horizontal, il admet sans hésiter que, toute résistance étant enlevée, son mouvement resterait perpétuellement uniforme si le plan était indéfini ; et, quand il faut bien supposer le plan limité et le mobile finissant par tomber, il veut que le mouvement de chute s'ajoute *à l'autre indélébile mouvement* (1). Qu'on se rappelle enfin le principe que Beeckmann demandait à Descartes d'admettre pour la chute d'un grave dans le vide ; ce n'était pas le principe d'inertie, mais c'était déjà, par l'hypothèse du mouvement perpétuel dans le vide, la rupture complète avec les principes aristotéliciens, d'après lesquels un mouvement ne peut se continuer s'il n'est sans cesse renouvelé par le milieu que traverse le mobile.

L'autre loi de Descartes (conservation de la quantité de mouvement) n'est pas restée dans la science. Du moins, dans la mesure où elle postule une quantité constante dans le mouvement d'un système, elle se rattache aux tentatives des savants de tous les temps depuis ceux qui avec Melissos proclamaient l'invariabilité du cosmos, ou, avec le poète latin, celle de la « somme des choses » jusqu'à ceux qui aujourd'hui postulent la constance de l'énergie.

Enfin, si Descartes a eu le mérite de poser le problème du choc des corps, et s'il l'a si mal résolu, ce sont là deux conséquences naturelles de son mécanisme radical, qui d'une part ne laissait subsister que le choc comme cause de modification des mouvements, et d'autre part devait exclure l'élasticité des corps au même titre que la force, et n'y laisser subsister que la grandeur et la vitesse. Or, ce mécanisme, par sa réaction contre la science qualitative d'Aristote et son retour, par-dessus Aristote jusqu'au mathématisme des atomistes, n'est-il pas exacte-

(1) Voir Marie : *Histoire des Mathématiques*, t. III, p. 138, de qui j'adopte la traduction.

ment de son temps, après Galilée, et plus encore peut-être, après Bacon ? Est-il nécessaire d'ajouter que si, dans sa *Physique Générale*, Descartes rejette les causes finales, avec plus de hardiesse encore que Galilée, il ne fait que suivre en cela les énergiques conseils de Bacon ?



Ces indications, malgré leur extrême brièveté, suffiront à faire comprendre ma pensée. Elles ne visent en aucune façon à dénoncer des plagiats de Descartes, ni même à fixer les influences qui se sont directement exercées sur lui. Le plus souvent, c'est une question insoluble de savoir s'il connaît ou non tel ouvrage antérieur aux siens, étant donné le peu d'informations qu'il nous donne à cet égard. Mais qu'importe ? Même lorsque, comme pour Viète, Descartes dit qu'il ne l'a pas lu, les conséquences qu'on en tire (voir notamment Hamelin et M. Adam) pour conclure à la nouveauté et à l'originalité des travaux de Descartes, ne sont-elles pas exagérées ? Viète — puisque, entre quelques autres, j'ai pris cet exemple — était extrêmement connu du monde savant, quand Descartes sortait à peine du collège. L'allemand Clavius, dont on admet aisément que celui-ci ait pu connaître les ouvrages, avait eu avec Viète une controverse célèbre au sujet du calendrier ; mais c'est surtout en Hollande qu'il était admiré, en Hollande où devait se trouver en 1646 le premier éditeur de ses œuvres complètes. Comment ne pas admettre une possibilité de diffusion de quelques-unes de ses idées, au moins à travers les conversations qu'eut Descartes avec les savants hollandais ? D'une manière générale d'ailleurs j'ai voulu laisser complètement de côté le mode de filtration de telle ou telle idée, ou même la question de savoir s'il y a toujours filtration. Ce que j'ai voulu montrer, c'est à quel point les créations de Descartes. — si considérables qu'en puisse être l'intérêt, — se soudent étroitement à la chaîne continue des travaux antérieurs ou contemporains. En même temps ou à peu près Fermat et Descartes rajeunissent à l'aide de l'algorithme nouveau la méthode ancienne des

lieux géométriques et poussent plus ou moins loin la géométrie analytique. A quelque distance, mais dans les mêmes termes, Viète et Descartes ramènent tous les problèmes solides aux deux questions traditionnelles de la duplication du cube et de la trisection de l'angle ; en même temps, ou presque, Snellius et Descartes énoncent la grande loi de la réfraction, etc... En dehors de toute explication directe, je dis seulement que de tels faits empêchent de considérer l'œuvre scientifique de Descartes comme un œuvre révolutionnaire par rapport à ses prédécesseurs. Ils ne suppriment pas d'ailleurs la grande valeur de cette œuvre, et même, en quelque manière, son originalité. Descartes n'en reste jamais au point où sans lui la science parvenait naturellement. Il a soif de généralisation, de totalisation, si l'on peut dire, et aussi de définitif. Il a besoin de jeter ses regards sur un horizon illimité, et il n'est satisfait que lorsque ses découvertes lui paraissent devoir s'étendre à un domaine entier encore inexploré des connaissances humaines. Comme un homme qui aurait reçu la mission d'élever pour l'humanité l'édifice achevé des sciences, ou d'élaborer pour elle une formule définitive ; comme un Aristote jadis, ou comme plus tard Auguste Comte, il met toute la force de son génie à creuser ses idées jusqu'à y trouver tous les éléments qui, à ses yeux, suffiront dans la suite des générations à résoudre toutes les difficultés. C'est à la fois d'ailleurs ce qui fait la grandeur de son œuvre, comme lorsque, à propos de la Géométrie analytique, il conçoit par avance l'importance de la méthode et son applicabilité à une infinité de problèmes ; et c'est aussi ce qui en ferait la faiblesse, — comme lorsqu'il semble marquer dans ses propres formules le terme extrême où puisse aller l'esprit humain, — si nous étions assez exigeants pour demander à un homme, quel que soit son génie, de prévoir toutes les déterminations futures du progrès. En tous cas cela suffit à bien caractériser la position de Descartes. On le présente trop souvent comme ayant été, par la révolution qu'il aurait accomplie, le créateur de la science moderne. Il est plus vrai de dire qu'il a été conservateur, mais un conservateur qui complète, qui achève, qui porte au plus haut degré d'extension l'œuvre mathématique des Grecs

et celle de ses prédécesseurs immédiats. Ses *Principes* de 1644, au point de vue scientifique, sont, bien plutôt que le cadre où se mouvra désormais la science moderne, le dernier des magnifiques romans qui se sont appelés tantôt περὶ φυσεως, tantôt le *Timée*, tantôt *de natura rerum* (peu importe ici d'ailleurs que Descartes croie ou non aux atomes). Comme métaphysicien, et par son *cogito*, il est certainement plus créateur qu'en physique ou en géométrie (1). — Est-ce à dire que par sa tournure d'esprit il eût été incapable, comme on l'a écrit, de s'élever, par exemple, aux idées déjà courantes de son temps sur lesquelles se fondera le calcul différentiel ? Je ne le crois pas. Descartes par tempérament ressemble à tous les mathématiciens de génie, et quand on parcourt sa correspondance, on est émerveillé de la richesse de ses procédés, de son ingéniosité, de l'aisance avec laquelle il se meut vraiment dans toutes les directions (intégrations, théorie des nombres, etc.). Mais on sent bien aussi qu'après la publication de sa *Géométrie*, les Mathématiques ne l'intéressent plus. Il répond seulement aux questions qu'on lui pose, poussé par son amour-propre, non par la séduction qu'elles exercent sur son esprit. Il considère, avec sa *Géométrie*, son œuvre mathématique comme finie, de même qu'après la publication des *Principes* il juge achevée dans ses traits essentiels l'explication dernière de tout ce qui compose l'univers.

Et alors décidément quelle confiance faut-il accorder à Descartes nous donnant à croire que toute son œuvre sort, comme une réaction spontanée, de sa Méthode et de sa Métaphysique ?

Ecartons tout de suite l'hypothèse qu'il veuille nous tromper. Sa prudence, la peur d'être dérangé dans sa vie. dans ses recherches, dans l'accomplissement peut-être de ce qu'il considère comme sa mission, lui donnent parfois l'apparence d'invoquer sa Métaphysique dans la seule intention de faire accepter quelque nouveauté ; je ne crois

(1) Ce qui n'empêche évidemment pas que les formules cartésiennes, par leur simplicité, par leur clarté, et surtout par leur ambitieuse extension à tous les domaines de la pensée, se sont trouvées, au XVII[e] siècle, dans les conditions les plus favorables pour se substituer dans les esprits aux formules aristotéliciennes.

pas qu'il faille exagérer cette sorte d'interprétation. Descartes a bien des défauts ; il a en particulier un bandeau sur les yeux quand il doit porter un jugement sur ses contemporains ; il a facilement de l'humeur quand on n'est pas de son avis... mais la lecture de ses écrits et ce que nous savons de sa vie, tout entière consacrée à la recherche de la vérité, donnent l'impression d'une certaine dignité de caractère qui s'accommoderait mal du mensonge. Et c'est pourquoi je crois Descartes beaucoup plus sincère qu'on ne le pense d'ordinaire... Je me demande même parfois si tout ce qu'il écrit si sérieusement dans les *Principes* touchant le mouvement de la Terre, et qui nous choque si vivement, ne répondrait pas vraiment chez lui à l'idée de la seule solution capable d'accorder les apparences scientifiques avec la décision de Rome, devant laquelle il pourrait bien s'incliner, en catholique dévot, pour d'autres raisons que son désir de tranquillité ?

Descartes se trompe-t-il donc lui-même ? Pas complètement, je crois. Pouvons-nous douter en effet qu'il n'y ait un lien des plus étroits entre son œuvre scientifique d'une part et d'autre part sa Méthode et sa Métaphysique ? Une nature comme la sienne n'est-elle pas à ce point accusée et entière, pour ainsi dire, que ce qui fait la marque de sa personnalité se retrouve certainement dans toutes les productions de son intelligence, et que celles-ci doivent présenter des traits communs essentiels, qui en font l'unité jusqu'à un certain point ?

La Méthode, c'est-à-dire surtout la décision de remonter toujours aux vérités claires, simples, évidentes, de conduire par ordre ses pensées, de mettre de l'ordre même dans les séries d'objets qui n'en présentent point par eux-mêmes, de faire partout des dénombrements entiers, des énumérations complètes, — cette méthode ne trouve-t-elle pas son illustration dans la *Géométrie*, et n'en retrouvons-nous pas la trace surtout dans ces solutions qui veulent embrasser tous les cas possibles, dans ces classifications rationnelles des courbes, et jusque dans le sentiment que les formules cartésiennes devront s'appliquer à tous les problèmes futurs que se poseront les mathématiciens ? La Dioptrique la rappelle

de même sans cesse par le recours à la nature absolue de la lumière, vue directement, par intuition, et d'où l'on tire les principes essentiels des démonstrations, comme à propos de la réfraction. La *Physique Générale* construit l'univers en alignant, à partir de principes jugés évidents, des séries de vérités de sens commun, lesquelles peu à peu, procédant par ordre et par énumération complète, s'étendront à tous les éléments qui composent le monde. En tout ceci, la Méthode a son rôle manifeste pour ramener Descartes aux vues claires de l'esprit, pour ne lui faire admettre une connaissance nouvelle, quelle qu'en soit d'ailleurs l'origine, qu'à travers la lumière naturelle qui en garantit la certitude, et pour le conduire, par besoin d'énumération complète, à l'édification d'une science intégrale.

De son côté, la Métaphysique de Descartes est fondée sur la valeur de la pensée, et en même temps sur Dieu, garant de la vérité des idées claires. D'une part donc c'est elle aussi qui pousse Descartes, sinon à découvrir, du moins à reconstruire toute la Physique par des vues de la raison. D'autre part, si tout le domaine de la pensée est directement saisi par nous, si l'existence de notre âme et même l'existence de Dieu ont pu d'abord être affirmées, il n'en est plus de même du monde extérieur. Il faut faire intervenir Dieu pour en affirmer l'existence ; c'est d'une première qualité de Dieu, à savoir qu'il est parfait et ne saurait nous tromper, que celle-ci se déduit avec certitude. Sommes-nous bien surpris de voir Descartes faire un pas de plus et ne saisir qu'à travers l'immutabilité divine les lois de constance, de conservation, de permanence de ce monde, qui est dans le temps, c'est-à-dire qui traverse des moments de durée indépendants les uns des autres ? Ainsi se retrouve naturellement dans les recherches scientifiques de Descartes tout ce qui fait l'originalité de sa pensée logique ou métaphysique.

Et alors nous sommes amenés, pour conclure, à affirmer de son œuvre qu'elle est une dépendance immédiate de la Méthode et de la Métaphysique, en même temps qu'elle s'insère exactement aux suggestions de ses prédécesseurs et de ses contemporains. Seuls croiront à une

contradiction ceux qui ignorent l'histoire des sciences, — depuis le temps où l'homme des cavernes mettait son ingéniosité, sa fantaisie et toute sa liberté de création à fabriquer des instruments et des parures, qui à un même âge et en tous lieux se retrouvaient les mêmes, — jusqu'aux conceptions dernières de nos savants d'aujourd'hui. Chacun des ouvriers qui collaborent au grand édifice y apporte son imagination, sa tournure d'esprit, toute son activité intellectuelle, laquelle est inséparable de toutes les marques de sa personnalité ; mais ses efforts de construction et de création le conduisent, par-dessus lui-même, à une sorte de réalité indépendante de lui. Et, comme en un grand fleuve où se sont mêlées des eaux si différentes, celles de la plaine et celles de la montagne, celles qui descendent en torrents les pentes sauvages, et celles des rivières aux bords fleuris, toutes traces d'origine disparaissent, — de même les efforts les plus variés, les plus personnels, les plus puissamment créateurs viennent se fondre, le plus souvent au moment précis où ils semblaient attendus, dans le grand courant de la science humaine.



TABLE DES MATIÈRES

PARIS

Société Française d'Imprimerie

(L. Cadot, directeur),

12, rue de la Grange-Batelière, 12

COLLECTION HISTORIQUE DES GRANDS PHILOSOPHES

Extrait du Catalogue.

PHILOSOPHIES MÉDIÉVALE ET MODERNE

DESCARTES, par L. LIARD, de l'Institut, 2e édit. 1 vol. in-8.

— **Essai sur l'esthétique de Descartes**, par E. KRANTZ, prof. à l'Univ. de Nancy. 2e édit. 1 vol. in-8. (*Couronné par l'Académie française.*).

— **Descartes, directeur spirituel**, par V. de SWARTE. in-16. (*Cour. par l'Instit.*)

— **Le système de Descartes**, par O. HAMELIN. Publié par L. ROBIN. Préface de E. DURKHEIM. 1 vol. in-8.

— **Index scolastico-cartésien**, par Et. GILSON, docteur ès lettres. 1 vol. in-8.

— **La liberté chez Descartes et la théologie**, par *le même*. 1 vol. in-8.

DELVAILLE (J.), docteur ès lettres. **Essai sur l'histoire de l'idée de progrès jusqu'à la fin du XVIIIe siècle.** 1 vol. in-8.

ERASME. **Stultitiæ laus Des. Erasmi Rot. declamatio.** Publié et annoté par J.-B. KAN, avec fig. de Holbein. 1 vol. in-8.

FABRE (Joseph). **La pensée chrétienne.** *Des Evangiles à l'Imitation de J.-C.* 1 v. in-8.

— **La pensée moderne.** *De Luther à Leibniz.* 1 vol. in-8.

— **L'Imitation de Jésus-Christ.** Trad. nouvelle. 1 vol. in-8.

— **Les pères de la Révolution.** *De Bayle à Condorcet.* 1 vol. in-8.

FIGARD (L.), docteur ès lettres. **Un médecin philosophe au XVIe siècle.** *La psychologie de Jean Fernel.* 1 vol. in-8.

GASSENDI. **La philosophie de Gassendi**, par P.-F. THOMAS. 1 vol. in-8.

LEIBNIZ. **Œuvres philosophiques**, pub. par PAUL JANET. 2 vol. in-8.

— **La logique de Leibniz**, par L. COUTURAT. 1 vol. in-8.

— **Opuscules et fragments inédits de Leibniz**, par L. COUTURAT. 1 vol. in-8.

— **Leibniz et l'organisation religieuse de la Terre**, *d'après des documents inédits*, par Jean BARUZI. 1 vol. in 8. (*Couronné par l'Académie française.*)

LEIBNIZ. **La philosophie de Leibniz**, par B. RUSSELL, trad. par M. RAY, 1 vol. in-8. Preface de M. LÉVY-BRUHL.

— **Discours de la métaphysique**, introd. et notes par H. LESTIENNE. 1 vol. in-8.

— **Leibniz historien**, par L. DAVILLÉ, docteur ès lettres. 1 vol. in-8.

MALEBRANCHE. **Sa philosophie**, par OLLÉ-LAPRUNE, de l'Inst. 2 vol. in-8.

PASCAL. **Etude sur le scepticisme de Pascal**, par DROZ, prof. à l'Univ. de Besançon, 1 vol. in-8.

PICAVET, professeur à la Sorbonne. **Esquisse d'une histoire générale et comparée des théologies médiévales** 2e éd. 1 vol. in-8.

— **Essais sur l'histoire générale et comparée des théologies et des philosophies médiévales.** 1 v. gr. in-8.

ROSCELIN. **Roscelin philosophe et théologien**, par F. PICAVET, gr. in-8.

ROUSSEAU (J.-J.). **Sa philosophie**, par H. HOFFDING. 1 vol. in-16.

— **Du Contrat social.** Introduction par E. DREYFUS-BRISAC. 1 vol. in-8.

ROYER-COLLARD. **Les fragments philosophiques de Royer-Collard** réunis et publiés pour la première fois à part, avec une introd. sur *la philosophie écossaise et spiritualiste au XIXe siècle*, par A. SCHIMBERG. 1913. 1 vol. in-8.

SAINT THOMAS D'AQUIN. **L'idée de l'Etat dans Saint Thomas d'Aquin**, par J. ZEILLER. 1 vol. in-8.

— **Sa philosophie**, par A.-D. SERTILLANGES, de l'Institut. 2 vol. in-8.

— **Sa philosophie morale**, par LE MÊME.

SPINOZA. **Benedicti de Spinoza opera**, *quotquot reperta sunt*, publ. par J. VAN VLOTEN et J.-P.-N. LAND. Nouv. édition. 4 vol. in-18. cart.

— **Ethica** *ordine geometrico demonstrata*, publ. par *les mêmes*. 1 v. gr. in-8.

— **Sa philosophie**, par L. BRUNSCHVICG, maître de conférences à la Sorbonne. 2e édit. 1 vol. in-8.

— **Le Dieu de Spinoza**, par G. HUAN. 1 vol. in-8.

SEILLIÈRE (E.), de l'Institut. **Madame Guyon et Fénelon.** *Précurseurs de J.-J. Rousseau.* 1 vol. in-8.

SERTILLANGES. (Voir Saint Thomas d'Aquin.)

VOLTAIRE. **Les sciences au XVIIIe siècle.** *Voltaire physicien*, par EM. SAIGEY. In-8.

WULF (H.). **Histoire de la philosophie médiévale.** 4e éd. 1 vol. in-8.

826-21. — Coulommiers. Imp. PAUL BRODARD. — 7-21.

